
**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΕΙΡΑΙΩΣ**



**ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
« ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ »**

**«Νέες τεχνολογίες στην ιατρική και υγειονομική περίθαλψη:
Μελέτες Περιπτώσεων»**

Γεώργιος Αβδούλος

Διπλωματική Εργασία υποβληθείσα στο Τμήμα Οικονομικής Επιστήμης
του Πανεπιστημίου Πειραιώς για την απόκτηση
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στα Οικονομικά και τη Διοίκηση της Υγείας.

Πειραιάς, 2016

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΕΙΡΑΙΩΣ**



**ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
« ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ »**

**«Νέες τεχνολογίες στην ιατρική και υγειονομική περίθαλψη:
Μελέτες Περιπτώσεων»**

Γεώργιος Αβδούλος, Α.Μ.: ΟΔΥ/1401

Επιβλέπουσα : Ειρήνη Φαφαλιού, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Διπλωματική Εργασία υποβληθείσα στο Τμήμα Οικονομικής Επιστήμης
του Πανεπιστημίου Πειραιώς για την απόκτηση
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στα Οικονομικά και τη Διοίκηση της Υγείας.

Πειραιάς, 2016

UNIVERSITY of PIRAEUS



**DEPARTMENT of
ECONOMICS**

M.Sc. in Health Management and Economics

**“New technologies in medicine and health care: Cases
Studies”**

Georgios Avdoulos

Master Thesis submitted to the Department of Economics
of the University of Piraeus in partial fulfillment of the requirements
for the degree of M.Sc. in Health Management and Economics.

Piraeus, Greece, 2016

Στην οικογένειά μου

Ευχαριστίες

Νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κυρία Φαφαλιού Ειρήνη, για την τιμή που μου έκανε να συνεργαστεί μαζί μου στα πλαίσια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας αλλά και για το ήθος της την στήριξη και την καταρτισμένη καθοδήγηση που μου παρείχε όλο αυτό το χρονικό διάστημα, σε αυτήν μου τη προσπάθεια. Επιπλέον, θέλω να ευχαριστήσω τους φίλους και συμφοιτητές μου για την συμπόρευσή μας στη φοίτησή μας στο Μεταπτυχιακό. Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου που μου συμπαραστέκεται σε κάθε ακαδημαϊκό και επαγγελματικό βήμα της ζωής μου, με τον μέγιστο δυνατό τρόπο.

«Νέες τεχνολογίες στην ιατρική και υγειονομική περίθαλψη: Μελέτες Περιπτώσεων»

Σημαντικοί όροι: ιατρική τεχνολογία, καινοτομίες ιατρικής τεχνολογίας, βιοϊατρική τεχνολογία, αξιολόγηση ιατρικής τεχνολογίας, εξελίξεις ιατρικής τεχνολογίας, υγειονομική τεχνολογία, ιατρική καινοτομία

Περίληψη

Η ιατρική τεχνολογία αναπτύσσεται καθημερινά και παράλληλα με τις εξελίξεις σε όλους τους επιστημονικούς και τεχνολογικούς κλάδους. Ως εκ τούτου, προσφέρει διαρκώς νέα εργαλεία και εφαρμογές στην κλινική και εργαστηριακή ιατρική πράξη προς όφελος του ασθενούς πρωτίστως και προς διευκόλυνση του ιατρικού έργου. Στην εργασία γίνεται μια συνοπτική βιβλιογραφική ανασκόπηση ορισμένων καινοτόμων ιατροτεχνολογικών επιτευγμάτων τα οποία επέφεραν ή θα επιφέρουν μεγάλες αλλαγές στην ιατρική επιστήμη. Επίσης, μελετώνται εφαρμογές και τεχνολογίες οι οποίες βελτιώνουν την καθημερινότητα του πάσχοντα ή αυξάνουν την προστασία και πρόληψή του. Τέλος, αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κάθε νέας τεχνολογίας συγκριτικά με τις μέχρι τώρα εφαρμοζόμενες ιατρικές τεχνικές και εργαλεία.

“New technologies in medicine and health care: Cases studies”

Keywords: medical-technology, health-technology, health-innovation, biomedicine, biomedical technology, digital-healthcare-innovation, healthcare innovation, medical innovation, medical technology assessment, medical technology advancements

Abstract

Medical technology is developing everyday and parallel developments in all scientific and technological sectors. Therefore constantly provides new tools and applications in clinical and laboratory medicine practice for patient benefit above and for the purposes of medical work. This is a brief literature review of certain innovative medical achievements that have brought or will bring about major changes in medical science. Applications and technologies is also contemplated that improve the daily life of the sufferer or increase the protection and prevention. Finally, listed the advantages and disadvantages of each new technology compared to the applied medical techniques and tools.

Περιεχόμενα

Περίληψη	xi
Abstract	xii
Κατάλογος Πινάκων	xix
Κατάλογος Διαγραμμάτων	xxi

Κεφάλαιο 1 : Εισαγωγή

- 1.1 Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας
- 1.2 Μεθοδολογία
- 1.3 Κριτήρια εισαγωγής-αποκλεισμού
- 1.4 Ορισμοί
- 1.5 Ιστορία της ιατρικής και της ιατρικής τεχνολογίας
- 1.6 Η εξέλιξη της ιατρικής τεχνολογίας από τον 20^ο αιώνα μέχρι σήμερα
- 1.7 Αξιολόγηση της μέχρι σήμερα ιατρικής τεχνολογίας
- 1.8 Ανακεφαλαίωση

Κεφάλαιο 2 : Νέες τεχνολογίες στην κλινική πράξη

- 2.1 Εισαγωγή
- 2.2 Η μελέτη περίπτωσης της ρομποτικής χειρουργικής
- 2.3 Η μελέτη περίπτωσης των εφαρμογών νανοϊατρικής στην κλινική πράξη
- 2.4 Η μελέτη περίπτωσης της τηλεϊατρικής
- 2.5 Η μελέτη περίπτωσης ηλεκτρονικού χολερυθρινόμετρου στα νεογνά
- 2.6 Η μελέτη περίπτωσης της φαρμακογονιδιοματικής στην κλινική πράξη
- 2.7 Ανακεφαλαίωση

Κεφάλαιο 3 : Νέες τεχνολογίες στην καθημερινότητα των ασθενών

- 3.1 Εισαγωγή
- 3.2 Μελέτη περίπτωσης εφαρμογών κινητής τηλεφωνίας (mobile applications) υγείας
- 3.3 Μελέτη περίπτωσης εξωσκελετού
- 3.4 Μελέτη περίπτωσης της αντλίας έγχυσης ινσουλίνης
- 3.5 Μελέτη περίπτωσης γυαλιών για τυφλούς
- 3.6 Ανακεφαλαίωση

Κεφάλαιο 4 : Αποτελέσματα- Συζήτηση

4.1 Εισαγωγή

4.2 Αποτελέσματα – Συμπεράσματα

4.3 Συζήτηση

Βιβλιογραφία

Κατάλογος Εικόνων

- 1.1 Το πρώτο ιατρικό μικροσκόπιο
- 1.2 Το διπλό μικροσκόπιο
- 2.1 Το μηχάνημα ρομποτικής χειρουργικής DaVinci
- 2.2 Συσκευή διαδερματικής μέτρησης χολερυθρίνης
- 3.1 Το περιβάλλον της εφαρμογής clue
- 3.2 Ο εξωσκελετός ReWalk
- 3.3 Αντλία ινσουλίνης

Κατάλογος διαγραμμάτων

- 2.1 Πεδία εφαρμογής της νανοτεχνολογίας
- 2.2 Η θεραπευτική-διαγνωστική δράση νανοσωματιδίου.
- 2.3 Η εφαρμογή απομακρυσμένου ηλεκτροκαρδιογραφήματος
- 2.4 Διάγραμμα φαρμακογονιδιωματικής

Κατάλογος Πινάκων

- 2.1 Σύγκριση λαπαροσκοπικής και ρομποτικής χειρουργικής
- 2.2 Σύγκριση κλασσικής και ρομποτικής χειρουργικής
- 2.3 Σύγκριση κλασσικής χειρουργικής, λαπαροσκοπικής και ρομποτικής χειρουργικής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

1.1 Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας

Στην παρούσα εργασία αναφέρονται, αναλύονται και συγκρίνονται τεχνολογικά επιτεύγματα στην ιατρική επιστήμη και την βιοϊατρική. Πιο συγκεκριμένα γίνεται μια ανασκόπηση της διεθνούς επιστημονικής βιβλιογραφίας έτσι ώστε να περιγραφούν οι τεχνολογικές εφαρμογές.

Είναι σημαντικό να διασαφηνιστεί το γεγονός ότι η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει διττό ρόλο στον τομέα της ιατρικής. Πρώτον, είναι πολύ σημαντική για την διευκόλυνση του ιατρού στην κλινική πράξη και δεύτερον, επηρεάζει την καθημερινότητα του ασθενούς. Θα πρέπει να επισημανθεί και ο ρόλος της τεχνολογίας στην βιοϊατρική έρευνα και γενικότερα στην έρευνα στην ιατρική. Τα τελευταία χρόνια η τεχνολογία και η ιατρική αναπτύσσονται παράλληλα. Αρκετές φορές η τεχνολογία ξεπερνά την εξέλιξη της ιατρικής και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η εφαρμογή μιας νέας τεχνολογίας στην κλινική καθημερινότητα.

Ως τεχνολογία ορίζουμε το σύνολο μεθόδων, τεχνικών και μέσων με τα οποία επιτυγχάνεται η παραγωγή προϊόντων ή υπηρεσιών. Σκοπός της τεχνολογίας είναι η σχεδίαση και κατασκευή τεχνουργημάτων και τεχνολογικών συστημάτων που θα ικανοποιούν ανθρώπινες ανάγκες. Η τεχνολογία και η επιστήμη είναι δύο έννοιες που έχουν σχέση μεταξύ τους, αφού η τεχνολογία χρησιμοποιεί και επιστημονικές γνώσεις για να δημιουργήσει το τεχνητό περιβάλλον γύρω μας, αλλά και η επιστήμη βοηθιέται συχνά από την τεχνολογία για να πετύχει τους σκοπούς της. Ωστόσο τεχνολογία και επιστήμη διαφέρουν όχι μόνο στους σκοπούς των αλλά και στη μέθοδο επίτευξης των σκοπών τους.

Η κύρια μέθοδος που ακολουθεί η τεχνολογία είναι έρευνα και πειραματισμός που σχετίζεται με νέα προϊόντα και διαδικασίες, ενώ η επιστήμη κάνει έρευνα και πειραματισμό που σχετίζονται με το αιτιατό (την αιτία που προκαλεί κάτι) αποβλέποντας στην διατύπωση κάποιας θεωρίας.

1.2. Μεθοδολογία

Η παρούσα διατριβή είναι μια κριτική βιβλιογραφική ανασκόπηση και συνοπτική μελέτη περιπτώσεων σύγχρονων επιτευγμάτων της ιατρικής τεχνολογίας. Τα επιτεύγματα κατηγοριοποιούνται στο επίπεδο του υποκειμένου αξιοποίησής του. Πιο συγκεκριμένα, στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται τα επιτεύγματα τα οποία χρησιμοποιούνται από τον επιστήμονα υγείας και στο τέταρτο, αυτά τα οποία χρησιμοποιούνται από τον ασθενή. Επιπλέον, αναλύονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κάθε τεχνολογίας σε σύγκριση με τις κλασσικές μεθόδους ιατρικής.

Για την αναζήτηση της σχετικής βιβλιογραφίας, χρησιμοποιήθηκαν οι βάσεις δεδομένων, Pub med , NCBI και Google Scholar, καθώς και επιστημονικά βιβλία και επιστημονικά περιοδικά . Αναζητήθηκαν διεθνείς δημοσιευμένες έρευνες που ήταν γραμμένες στην Αγγλική γλώσσα ή στην Ελληνική γλώσσα, η έρευνα κάλυψε το έτος 2016 χρησιμοποιώντας τους ακόλουθους όρους αναζήτησης “medical-technology”, “health-technology”, “health-innovation”, “biomedicine”, “digital-healthcare-innovation”, “healthcare innovation”, “medical innovation”, “medical technology assessment”, “medical technology advancements”. Χρησιμοποιήθηκαν λέξεις-κλειδιά (Mesh terms) και τηρήθηκε αναλυτικός αλγόριθμος αναζήτησης. Τέλος για να αυξηθεί το αποτέλεσμα της αναζήτησης και ο αριθμός των προς αξιολόγηση μελετών, χρησιμοποιήθηκαν συνώνυμες φράσεις ή και συνδυασμός λέξεων με την χρήση των όρων "AND", "OR". Για την ελληνική βιβλιογραφία, χρησιμοποιήθηκαν οι αντίστοιχες ελληνικές λέξεις: ιατρική τεχνολογία, υγειονομική καινοτομία, ιατροτεχνολογικά επιτεύγματα, ιατροτεχνολογική καινοτομία, ιατρική καινοτομία. . Επιπλέον συλλέχθηκαν ερευνητικές μελέτες, επιστημονικά άρθρα και άρθρα από εγκεκριμένους οργανισμούς όπως ο Π.Ο.Υ. και ο Σ.Ε.Β.

1.3. Κριτήρια εισαγωγής-αποκλεισμού

Από την αναζήτηση στην βάση δεδομένων Google Scholar, βρέθηκαν συνολικά 1850 μελέτες, άρθρα, περιλήψεις. Κύριο κριτήριο της πρώτης διαλογής ερευνών ήταν η εισαγωγή του χρονολογικού πλαισίου, τέθηκε το χρονολογικό πλαίσιο του έτους 2016 με σκοπό την εξασφάλιση όσο το δυνατόν πιο έγκυρων και πρόσφατων δεδομένων και

έτσι προέκυψαν 420, δεύτερο κριτήριο διαλογής ήτο η πρόσβαση σε πλήρη άρθρα και μελέτες όπου και προέκυψαν 142. Μετά την πρώτη αξιολόγηση των 142 άρθρων μελετών και ερευνών απορρίφθηκαν 118 έρευνες, οι οποίες δεν παρουσιάζονταν σχετικές με την εργασία στο τελικό στάδιο χρησιμοποιήθηκαν μόνο 13 βιβλιογραφικές μελέτες οι οποίες παρουσίαζαν και ανέλυαν διαφορετικές μελέτες περιπτώσεων διαφορετικών καινοτόμων τεχνολογικών εφαρμογών στην ιατρική.

Τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν κατά τη διαδικασία της βιβλιογραφικής ανασκόπησης είναι η έλλειψη επαρκών αναφορών και μελετών λόγω του γεγονότος ότι μελετάμε πολύ σύγχρονες τεχνολογίες οι οποίες επικαιροποιούνται καθημερινώς, και επειδή δεν υπάρχουν αρκετές μελέτες οι οποίες να αποδεικνύουν επαρκώς την κλινική χρησιμότητα. Οι μελέτες οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την συγγραφή προέρχονται από ερευνητικά ιδρύματα των Η.Π.Α. και της Δυτικής Ευρώπης, οι οποίες έχουν γίνει σε μεγάλους πληθυσμούς έτσι ώστε να εξάγονται σαφή και τεκμηριωμένα αποτελέσματα. Τα οικονομικά στοιχεία της μελέτης προέρχονται επίσης από μελέτες ιδρυμάτων στις Η.Π.Α. και την Δυτική Ευρώπη όπου υπάρχει καταγραφή και πλήρης κοστολόγηση των διαδικασιών. Έτσι η καταγραφή αποτελεσμάτων και η σύγκριση αυτών είναι εφικτή από την στιγμή που γίνεται με συγκεκριμένα στοιχεία. Τέτοιες μελέτες δεν είναι δυνατόν να διεξαχθούν σε κράτη όπου δεν έχουν ενταχθεί σε ιατρικά πρωτόκολλα και γενικότερα στην ιατρική πράξη οι συγκεκριμένες τεχνολογίες.

1.4. Ορισμοί

Αναγνωρίζοντας ότι υπάρχουν πολλαπλές ερμηνείες για τους παρακάτω όρους, παρατίθεται ο ορισμός τους σύμφωνα με την Επιτροπή Αξιολόγησης Υγείας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (<http://ec.europa.eu/>) και τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, για τους σκοπούς αυτής της τεχνικής σειράς άρθρων.

Τεχνολογία υγείας: Εφαρμογή οργανωμένων γνώσεων και δεξιοτήτων με τη μορφή ιατροτεχνολογικών προϊόντων, φαρμάκων, εμβολίων, διαδικασιών και συστημάτων που έχουν αναπτυχθεί για την επίλυση ενός προβλήματος υγείας και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής.

Ιατροτεχνολογικό προϊόν: Αντικείμενο, όργανο, συσκευή ή μηχανήμα που χρησιμοποιείται στην πρόληψη, διάγνωση ή θεραπεία νόσων ή ασθενειών, ή για την ανίχνευση, μέτρηση, αποκατάσταση, διόρθωση ή τροποποίηση της δομής ή λειτουργίας του σώματος για κάποιο ιατρικό σκοπό. Κατά κανόνα, ο στόχος ενός ιατροτεχνολογικού προϊόντος δεν επιτυγχάνεται με φαρμακολογικά, ανοσολογικά ή μεταβολικά μέσα.

Ιατροτεχνολογικός εξοπλισμός: Ιατροτεχνολογικά προϊόντα που απαιτούν βαθμονόμηση, συντήρηση, επισκευή, εκπαίδευση των χρηστών και παροπλισμό – δραστηριότητες τις οποίες συνήθως διαχειρίζονται οι κλινικοί μηχανικοί. Ο ιατροτεχνολογικός εξοπλισμός χρησιμοποιείται για τους συγκεκριμένους σκοπούς της διάγνωσης και θεραπείας ασθενειών ή για την αποκατάσταση έπειτα από μια ασθένεια ή έναν τραυματισμό. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε μεμονωμένα είτε σε συνδυασμό με οποιοδήποτε εξάρτημα, αναλώσιμο ή άλλο μηχανήμα. Ο ιατροτεχνολογικός εξοπλισμός δεν περιλαμβάνει εμφυτεύσιμα, αναλώσιμα ή μίας χρήσης ιατροτεχνολογικά προϊόντα.

1.5. Ιστορία της ιατρικής και της ιατρικής τεχνολογίας

Στα πρώτα βήματα της ιατρικής η διάγνωση βασιζόταν στην ικανότητα του γιατρού να εντοπίσει και να ερμηνεύσει σωστά τις εκδηλώσεις της νόσου (σημειολογία) χρησιμοποιώντας τις αισθήσεις του: όραση (επισκόπηση του ασθενούς), ακοή (ακρόαση π.χ. της καρδιάς), αφή (ψηλάφηση π.χ. σφυγμού), όσφρηση και γεύση. Μέχρι και τον 19^ο αιώνα η ιατρική ήταν περισσότερο τέχνη παρά επιστήμη.

Ως αποτέλεσμα της τεχνολογικής προόδου ο ιατρός στη σύγχρονη εποχή έχει στη διάθεσή του διάφορα τεχνολογικά μέσα που σκοπό έχουν αν βοηθήσουν στη διάγνωση και θεραπεία της ασθένειας. Πολλές ξεχωριστές διαγνωστικές ειδικότητες αξιοποιούν τις τεχνολογικές δυνατότητες της βιοχημείας (βιοπαθολογία), της μικροσκοπησης (ιστοπαθολογία), των ακτινών X (ακτινολογία, αξονική τομογραφία), των υπερήχων (υπερηχογραφία), των ραδιοϊσοτόπων (πυρηνική ιατρική) κλπ. Η θεραπεία, στη σύγχρονη ιατρική, βασίζεται επίσης, σε μεγάλο βαθμό, στην τεχνολογία. Η χρήση καινούργιων φαρμάκων, ακτινών γ , χημειοθεραπείας, αλλά και του σύγχρονου εξοπλισμού ενός χειρουργείου και μιας Μονάδας Εντατικής Θεραπείας είναι

αποτελέσματα της δραματικής προόδου της σύγχρονης ιατρικής τεχνολογίας (Μαρκέτος Σ., Εικονογραφημένη Ιστορία της Ιατρικής. Ζήτα, 2012).

Τον 17^ο αιώνα, η εφεύρεση του μικροσκοπίου μπορεί να χαρακτηριστεί ως σημείο αναφοράς καθώς ήταν ίσως το πρώτο τεχνολογικό επίτευγμα το οποίο εντάχθηκε άμεσα στην άσκηση της ιατρικής και γενικότερα στις θετικές επιστήμες (χημεία, βιολογία).

Σε όλα τα στάδια της εξέλιξης της ιατρικής, από τα αρχαία χρόνια μέχρι και σήμερα, έχουν χρησιμοποιηθεί εργαλεία για την διευκόλυνση του ιατρού αλλά και την βελτιστοποίηση της ποιότητας της ιατρικής πράξης. Βέβαια, η άσκηση της επιστήμης σε μη επιστημονικά πρότυπα δεν επιτρέπει να αποκαλούμε τα «ιατρικά» εργαλεία της εποχής ως ιατρική τεχνολογία. Παρ' όλα αυτά μπορούν να χαρακτηριστούν ως ο πρόδρομος της σύγχρονης ιατρικής τεχνολογίας.

Την περίοδο της ευρωπαϊκής Αναγέννησης εμφανίζεται η πρώτη επιστημονική σύμπραξη ιατρικής επιστήμης και τεχνολογίας, η οποία θα αφήσει παρακαταθήκη στην ιατρική επιστήμη ακόμα και σήμερα. Σύμφωνα με το βιβλίο του Irvin Loudon “Western Medicine: An Illustrated History”, εκείνη την περίοδο αρχίζει να αναπτύσσεται η χειρουργική χάριν στον Αμβρόσιο Παρέ, χειρουργό που έζησε τον 16^ο αιώνα. Υπήρξε ο πρώτος εμπνευστής χειρουργικών εργαλείων καθώς και των τεχνητών μελών για ακρωτηριασμένους ανθρώπους.

Στα τέλη του 17ου αιώνα ο Ολλανδός υφασματέμπορος Άντονι βαν Λέεβενχουκ (Antony van Leeuwenhoek) εισάγει την ιατρική επιστήμη στον κόσμο της μικροσκοπικής παρατηρώντας με το αυτοσχέδιο μικροσκόπιό του για πρώτη φορά ερυθρά αιμοσφαίρια, σπερματοζώαρια και μυϊκές ίνες. Το μικροσκόπιο διέθετε ένα μεγεθυντικό φακό και το προς μικροσκοπική δείγμα ήταν τοποθετημένο πάνω σε μεταλλική αιχμή, η οποία στηριζόταν σε κοχλία εστίασης, που μετέβαλλε την απόσταση του δείγματος από το φακό. Έτσι κατόρθωσε να περιγράψει τα ερυθρά αιμοσφαίρια, σπερματοζώαρια, μυϊκές ίνες και μονοκύτταρους οργανισμούς. Την ίδια εποχή στην Μπολόνια ο πρώτος γιατρός-μικροσκόπος, Μαρτσέλλο Μαλπίγκι (Marcello Malpighi), που θεωρείται ο πατέρας της βιολογικής μικροσκοπικής, εξελίσσει μεθόδους προπαρασκευής των ιστών που προορίζονται για μικροσκοπική και επιβεβαιώνει μικροσκοπικά την ύπαρξη τριχοειδών αγγείων στον πνεύμονα, στηρίζοντας τα συμπεράσματα του Ουίλλιαμ Χάρβεϊ για την κυκλοφορία του αίματος (Sepel LM, Loreto EL, Rocha JB, Using a replica of Leeuwenhoek's microscope to

teach the history of science and to motivate students to discover the vision and the contributions of the first microscopists. CBE Life Sci Educ. 2009 Winter;8(4):338-43.) .

Μέχρι τον 19 ο αιώνα η ακρόαση της καρδιάς και των πνευμόνων γινόταν με το αυτί του γιατρού τοποθετημένο πάνω στον θώρακα του ασθενούς. Ο Ρενέ Λενέκ (Rene-Theophile-Hyacinthe Laennec) (1781-1826) σκέφτηκε να παρεμβάλλει μεταξύ του αυτιού και του ασθενούς φύλλα χαρτιού τυλιγμένα σε ρολό. Εντυπωσιασμένος από το αποτέλεσμα , κατασκεύασε το 1816 το πρώτο μονό (ακρόαση από το ένα αυτί) στηθοσκόπιο, που καθιστούσε τους ήχους διαυγέστερους ενώ ταυτόχρονα μείωνε την αμηχανία γιατρού και ασθενούς. Αργότερα το 1850 κατασκευάστηκε το διπλό στηθοσκόπιο που αποτελεί έκτοτε απαραίτητο εξεταστικό εργαλείο κάθε γιατρού (Vatanoglu-Lutz EE¹, Ataman AD. Medicine in philately: Rene T. H. Laënnec, the father of stethoscope. Anatol J Cardiol. 2016 Feb;16(2):146-7.)

Μέχρι τον 19^ο αιώνα δεν υπήρχαν αποτελεσματικά μέσα αντιμετώπισης του πόνου κατά τη διάρκεια χειρουργικών επεμβάσεων. Το 1816 έγινε η πρώτη δημόσια επίδειξη χειρουργικής αναισθησίας με τη χρήση αιθέρα, που μαζί με το χλωροφόρμιο και το οξείδιο του αζώτου (αέριο του γέλιου) αποτέλεσαν την πρώτη γενιά αναισθητικών. Η δυνατότητα ελέγχου του πόνου άνοιξε νέους ορίζοντες στη Χειρουργική, επιτρέποντας τη διενέργεια πολύπλοκων επεμβάσεων. Οι πρώτες μέθοδοι αναισθησίας ήταν "ανοικτές". Γάζες βουτηγμένες σε αιθέρα ή χλωροφόρμιο κάλυπταν το πρόσωπο του ασθενή κατά τη διάρκεια της επέμβασης. Αργότερα αντικαταστάθηκαν από "κλειστά" συστήματα, όπου αεροστεγής μάσκα επέτρεπε τη χορήγηση συγκεκριμένων ποσοτήτων αναισθητικού ατμού και την ταυτόχρονη απορρόφηση του εκπνεόμενου διοξειδίου του άνθρακα από φίλτρα ασβεστούχων ενώσεων (A.Franco (ed) etal, TheHistory of Anesthesia. ElsevierScience, 2001).

Το 1902 οι Μαρία και Πιέρ Κιουρί (Marie & Pierre Curie) κατορθώνουν να απομονώσουν το Ράδιο και χρησιμοποιούν τις ραδιενεργές του ιδιότητες στη θεραπεία κακοηθών όγκων βάζοντας τις βάσεις της ακτινοθεραπευτικής. Στη σύγχρονη ακτινοθεραπευτική η ακτινοβολία του ασθενούς γίνεται, εκτός από εξωτερική πηγή ακτινοβολίας, με την εμφύτευση ραδιενεργών στοιχείων στην περιοχή του όγκου ή με την ενδοφλέβια έγχυση ραδιενεργών ουσιών με ικανότητα εκλεκτικής πρόσληψης από τα κύτταρα συγκεκριμένων όγκων (π.χ. ραδιενεργό Ιώδιο που απορροφάται από τα κύτταρα του καρκίνου του θυρεοειδή αδένος προκαλώντας την καταστροφή τους). Η αντιμετώπιση κακοηθών όγκων περιλαμβάνει από το 1902, όταν το ζεύγος Κιουρί

απομόνωσε το Ράδιο, τη χρήση της ραδιενεργούς ακτινοβολίας. Η ακτινοβολία (συνήθως X ή γ) επιδρά κυρίως σε κύτταρα που βρίσκονται σε φάση διαίρεσης με αποτέλεσμα να καταστρέφει τους κακοήθεις όγκους, μια και αυτοί έχουν υψηλούς ρυθμούς αναδιπλασιασμού. Οι δέσμες των ακτινών εστιάζονται και διασταυρώνονται στην περιοχή του όγκου, έτσι ώστε εκεί να απελευθερώνουν τη μέγιστη ενέργειά τους, προφυλάσσοντας με αυτό τον τρόπο τους υγιείς ιστούς (P.Strathern, CurieandRadioactivity: ThebigIdea. Anchor, 1999).

Ο Αλέξανδρος Φλέμινγκ, ενώ εργαζόταν ως βακτηριολόγος το 1928, έκανε μια από τις σημαντικότερες ανακαλύψεις της ιατρικής ιστορίας: Παρατήρησε ότι σε καλλιέργειες σταφυλόκοκκων η αύξηση των βακτηριδίων αναστέλλεται στα σημεία που συναντούν τον μύκητα *penicillium notatum*. Σε μια επιστημονική ανακοίνωση που έκανε , ονόμασε την ουσία Penicillin, χωρίς να αναγνωρίσει όμως τις θεραπευτικές της δυνατότητες. Έτσι έμεινε αυτή η ανακάλυψη για αρκετά χρόνια ξεχασ μένη, όταν οι E.B.Chain και H.W.Florey λίγο πριν από την έκρηξη του Β' παγκόσμιου πολέμου έβγαλαν από την αφάνεια την εργασία και χρησιμοποίησαν τα πορίσματα δοκιμαστικά για θεραπευτικούς σκοπούς . Το 1941 χρησιμοποιήθηκε η πενικιλίνη σε ανθρώπους και ξεκίνησε η πορεία των αντιβιοτικών , τα οποία γλίτωσαν την ανθρωπότητα από πολλές μολυσματικές και επιδημικές ασθένειες. Ο Φλέμινγκ ανακηρύχθηκε σε εθνικό ήρωα και πήρε το 1945 για εκείνη την τυχαία ανακάλυψή του, μαζί με τους Chain και Florey, το βραβείο Νόμπελ για το έτος 1944. Σύζυγος του Φλέμινγκ ήταν η Ελληνίδα γιατρός και βοηθός του, Αμαλία (J.Bankston, Alexander Fleming and the story of Penicillin. Mitchell Lane Publishers, 2001).

Εικόνα 1.1

Το πρώτο ιατρικό μικροσκόπιο(τύπου Λενέκ)



Πηγή : <http://www.esteticamedica.info/>

1.6. Η εξέλιξη της ιατρικής τεχνολογίας από τον 20^ο αιώνα μέχρι σήμερα

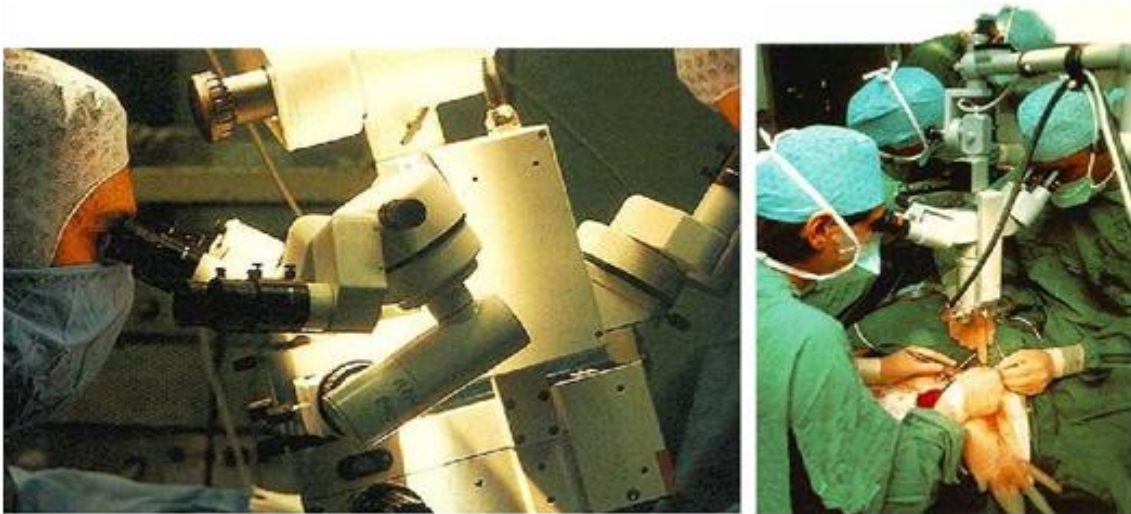
Η συνέχεια της εξέλιξης της ιατρικής τεχνολογίας το υπόλοιπο του 20ου αιώνα χαρακτηρίζεται από μια αλματώδη πρόοδο στο τομέα που δεν μπορεί παρά να μας αφήνει άφωνους. Υπάρχουν κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα τεχνολογικών εφαρμογών τα οποία εφαρμόζονται στην καθημερινή κλινική πράξη. Στην συνέχεια αναφέρονται κάποια εξ αυτών. Πιο συγκεκριμένα, η βελτίωση των ενδοσκοπίων μας επιτρέπει την άμεση παρατήρηση του εσωτερικού κοίλων σπλάχνων του ανθρώπου. Στις 2 Δεκεμβρίου του 1967 στο Κέιπ Τάουν της Νοτίου Αφρικής ο Δρ. Κρίστιαν Μπάρναρντ (Dr. Christiaan Barnard) πραγματοποίησε την πρώτη μεταμόσχευση καρδιάς. Το 1967 ξεκίνησε η εποχή των μεταμοσχεύσεων. Σήμερα πέρα από μεταμόσχευση νεφρών και καρδιάς, είναι εφικτή και η μεταμόσχευση πνευμόνων,

ήπατος, κερατοειδούς και μυελού των οστών. Εκτός από τα μοσχεύματα, η σύγχρονη ιατρική διαθέτει και τεχνητές συσκευές για την αντικατάσταση τόσο δυσλειτουργούντων οργάνων (π.χ. τεχνητός νεφρός, αναπνευστήρας, τεχνητή καρδιά και καρδιακές βαλβίδες, τεχνητά αγγεία) όσο και ακρωτηριασμένων μελών (τεχνητά μέλη) ή και κατεστραμμένων αρθρώσεων (τεχνητές αρθρώσεις). Επιπροσθέτως, με τη χρήση της μικροχειρουργικής ειδικά εκπαιδευμένοι χειρουργοί με τη βοήθεια κατάλληλων μικροσκοπίων και εξαιρετικά λεπτών εργαλείων, ραμμάτων και βελόνων κατορθώνουν να επανασυγκολλούν ακρωτηριασμένα μέλη, αναστομώνοντας (επανασυνδέοντας) ένα προς ένα τα κομμένα αγγεία, νεύρα, μύες και τένοντες σε επεμβάσεις που διαρκούν ως και 19 ώρες (K.Hoeger, The Illustrated history of surgery. Canadian Medical Association,1998).

Ένα άλλο σημαντικό επίτευγμα είναι οι ακτίνες λέιζερ οι οποίες βρίσκουν εφαρμογή στη διενέργεια λεπτών επεμβάσεων, όπως η διόρθωση της μυωπίας ή η αντιμετώπιση ογκιδίων στο εσωτερικό του αυτιού παρέχοντας το πλεονέκτημα της μεγάλης ακρίβειας στις τομές μαζί με την ελαχιστοποίηση της αιμορραγίας εξαιτίας της αιμόστασης που προκαλεί η θερμότητα που εμπεριέχουν. Στον τομέα της απεικονιστικής ιατρικής, η Υπολογιστική Αξονική Τομογραφία (CAT, Computerized Axial Tomography) που πρωτοχρησιμοποιήθηκε το 1973 έδωσε την δυνατότητα για την λεπτομερή απεικόνιση των εσωτερικών οργάνων του ανθρώπου. Η Μαγνητική Τομογραφία (NMRI, Nuclear Magnetic Resonance Imaging) προσφέρει ευκρίνεια που πλησιάζει αυτή των ανατομικών παρασκευασμάτων με την ψηφιακή ανάλυση των μεταβολών που υφίσταται η κινητική κατάσταση των μορίων νερού στους ιστούς κάτω από την επίδραση ισχυρού μαγνητικού πεδίου. Τέλος, σε επίπεδο βασικής έρευνας και παρατήρησης, βασιζόμενο στην ιδιότητα των ηλεκτρονίων να συμπεριφέρονται ως ακτινοβολίες πολύ μικρού μήκους κύματος, το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο επιτυγχάνει μεγεθύνσεις μέχρι και 1.000.000 φορές, με τη χρήση ηλεκτρονίων.

Εικόνα 1.2

Διπλό μικροσκόπιο, το οποίο εξασφαλίζει δυνατότητα συμπαράτηρησης



Πηγή : www.binoculars.net

Τον 21^ο αιώνα πολλοί οικονομικοί και μη πόροι επενδύονται στον τομέα της γενετικής μηχανικής με απώτερο σκοπό την αντιγηραντική ιατρική αλλά και άλλες εφαρμογές πέρα από την ιατρική, όπως η βιοτεχνολογία, η φαρμακοβιομηχανία και η τεχνολογία τροφίμων. Η γενετική μηχανική ασχολείται με την αποκρυπτογράφηση του γενετικού κώδικα του ανθρώπου και την εφαρμογή των συμπερασμάτων στην πρόληψη ή διάγνωση ασθενειών. Το DNA, που βρίσκεται με τη μορφή χρωμοσωμάτων στους πυρήνες των κυττάρων, περιέχει με τη μορφή συγκεκριμένης αλληλουχίας χημικών δομών (γονιδίων) τον κώδικα για την παραγωγή από τα κύτταρα πρωτεϊνών, που αποτελούν τη βάση της δομής και λειτουργίας κάθε οργανισμού. Ασχολείται επίσης με την παρασκευή εμβολίων ή ορμονών για την αντιμετώπιση συγκεκριμένων ασθενειών (χρήση ανθρώπινης ινσουλίνης που παράγεται από βακτηρίδια). Στα προϊόντα γενετικής μηχανικής συμπεριλαμβάνονται και μεταλλαγμένα ζώα με ξεχωριστές ιδιότητες όπως για παράδειγμα μεταλλαγμένες αγελάδες που παράγουν ανθρώπινο γάλα ή γουρούνια με όργανα που μπορούν να μεταμοσχευθούν στον άνθρωπο (E.S.Grace, *Biotechnology Unzipped: Promises and Realities*. Joseph Henry Press, 1997).

Η εξέλιξη της ιατρικής τεχνολογίας επεκτείνεται και σε άλλους τομείς της ιατρικής όπως είναι η χειρουργική και πιο συγκεκριμένα η ρομποτική χειρουργική. Επίσης υπάρχουν σημαντικές εξελίξεις στην φαρμακοβιομηχανία και στην προσπάθεια ανεύρεσης νέων φαρμακευτικών σκευασμάτων για την αντιμετώπιση σπάνιων αλλά και πολύ κοινών νοσημάτων, όπως είναι τα διάφορα είδη καρκίνου. Στην συνέχεια της εργασίας θα αναλυθούν περιπτώσεις νέων τεχνολογικών ευρημάτων στον τομέα της ιατρικής.

1.7. Αξιολόγηση της μέχρι σήμερα ιατρικής τεχνολογίας

Είναι αναγκαίο πέρα από την εξέλιξη της τεχνολογίας και την διαρκή έρευνα, να γίνεται και αξιολόγηση των τεχνολογικών ευρημάτων πριν την εφαρμογή αυτών στην ιατρική καθημερινή πράξη. Η αξιολόγηση πρέπει να είναι πολυπαραγοντική, δηλαδή ως προς την αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας, ως προς το αν είναι συμφέρουσα οικονομικά, σε επιδημιολογικό επίπεδο και σε άλλες παραμέτρους. Γενικά η ιατρική τεχνολογία, όπως φάνηκε και από την ιστορική ανασκόπηση που προηγήθηκε, πρόσφερε πολλά οφέλη για την εξέλιξη της ιατρικής επιστήμης και την δημόσια υγεία γενικότερα. Πιο συγκεκριμένα, αυξήθηκε το προσδόκιμο ζωής κοντά στα 80 έτη ενώ τον 19^ο αιώνα το προσδόκιμο ήταν τα 40 έτη. Εξαλήφθηκαν σε μεγάλο βαθμό αν όχι απόλυτα, θανατηφόρες επιδημίες, αυξήθηκε ο αριθμός των νοσημάτων που μπορούν να αντιμετωπιστούν, μειώθηκε η βρεφική θνησιμότητα (μείζον θέμα μέχρι αρκετά πρόσφατα) και τέλος, μέσω της τηλεϊατρικής έγινε δυνατή η παροχή ιατρικής περίθαλψης σε απομακρυσμένες περιοχές. Από την άλλη, ενώ υπάρχει εξέλιξη σε πολλά ζητήματα, δεν έχει γίνει ακόμα δυνατή η αντιμετώπιση σοβαρών προκλήσεων όπως είναι ο καρκίνος και το AIDS. Επίσης, η συνεχής ιατροφαρμακευτική εξέλιξη οδήγησε στην ανάπτυξη νέων και πιο ανθεκτικών ιών.

Παρ' όλα αυτά, ακόμα και σήμερα, πολλά τεχνολογικά ευρήματα παρά τα καινοτόμα χαρακτηριστικά δεν προτιμώνται σε σχέση με τις κλασικές ιατρικές μεθόδους, καθώς τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν είτε δεν είναι τόσο οικονομικά συμφέροντα είτε υστερούν στην αποτελεσματικότητα ή την χρηστικότητα σε σχέση με την κλασική ιατρική.

Τα ανωτέρω πρέπει να αξιολογούνται με ειδικά εργαλεία αξιολόγησης νέων τεχνολογιών όπως είναι η μελέτη κόστους αποτελεσματικότητας. Στα δυτικά κράτη υπάρχουν οργανισμοί αξιολόγησης. Πιο συγκεκριμένα, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας επικύρωσε το Ψήφισμα WHA60.29 σύμφωνα με το οποίο, τα κράτη αναγνώρισαν τη σημασία των τεχνολογιών υγείας για την επίτευξη αναπτυξιακών στόχων σχετιζόμενων με την υγεία, προώθησαν την επέκταση της εμπειρογνομοσύνης στον τομέα των τεχνολογιών υγείας, και συγκεκριμένα των ιατροτεχνολογικών προϊόντων, και απαίτησαν την ανάληψη συγκεκριμένων δράσεων από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) για την υποστήριξη των Κρατών-μελών.

Η Αξιολόγηση Τεχνολογιών Υγείας (ΑΤΥ) έχει αναδειχθεί σε σημαντικό εργαλείο για την υποστήριξη των βασικών λειτουργιών ενός αποτελεσματικού παγκόσμιου συστήματος υγείας. Απαιτούνται δράσεις από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) και άλλες διεθνείς οργανώσεις υγείας για την υποστήριξη των περιφερειακών και εθνικών πρωτοβουλιών που στοχεύουν στην προώθηση της ΑΤΥ στις αναπτυσσόμενες χώρες και αναδύομενες οικονομίες (δηλαδή στις χώρες που είναι σε διαδικασία ταχείας ανάπτυξης και βιομηχανοποίησης). Η ΑΤΥ είναι η συστηματική εκτίμηση των ιδιοτήτων, των επιδράσεων ή/και των επιπτώσεων των τεχνολογιών υγείας.

Βασικός σκοπός της είναι η ενημέρωση της χάραξης πολιτικής που συνδέεται με την τεχνολογία στον τομέα της υγειονομικής φροντίδας, ώστε να βελτιώνεται η υιοθέτηση οικονομικά αποδοτικών νέων τεχνολογιών και παράλληλα να αποτρέπεται η υιοθέτηση τεχνολογιών αμφιβόλου αξίας για το σύστημα υγείας. Η ΑΤΥ είναι μία από τις τρεις συμπληρωματικές λειτουργίες που διασφαλίζουν την κατάλληλη εισαγωγή και χρήση των τεχνολογιών υγείας. Τα άλλα δύο στοιχεία είναι αφενός ο κανονισμός, που αφορά την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα, καθώς και την αξιολόγηση όλων των σημαντικών, σκόπιμων και μη, συνεπειών της χρήσης της τεχνολογίας, και αφετέρου η διαχείριση, η οποία σχετίζεται με την προμήθεια και τη συντήρηση της τεχνολογίας κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της. Η απόδοση των συστημάτων υγείας ενισχύεται όταν οι διασυνδέσεις και οι ανταλλαγές μεταξύ αυτών των στοιχείων διαφοροποιούνται σαφώς αλλά αλληλοϋποστηρίζονται (MORFONIOS, A.; KAITELIDOU, D.; BALTOPOULOS, G.; MYRIANTHEFS, P. The international practice of health technology assessment. Archives of Hellenic Medicine / Arheia Ellenikes Iatrikes . Jan/Feb2013, Vol. 30 Issue 1, p19-34. 16p.)

1.8. Ανακεφαλαίωση

Σε αυτό το κεφάλαιο αναδείχθηκε ότι η ιατρική και η τεχνολογία αναπτύσσονται παράλληλα όπως επίσης και ότι η ιατρική χωρίς την τεχνολογία, ειδικά σήμερα, δεν μπορεί να ασκηθεί και ακόμα περισσότερο να εξελιχθεί. Από την ιστορική ανασκόπηση υπάρχουν κάποια σημεία σταθμοί στην ιστορία της ιατρικής τα οποία αναδεικνύουν ακόμα περισσότερο την αναγκαιότητα των ιατρικών τεχνολογικών εφαρμογών. Τέτοια παραδείγματα είναι τα χειρουργικά εργαλεία, το στηθοσκόπιο, το μικροσκόπιο, τα ακτινογραφικά μηχανήματα, η ανακάλυψη των ραδιοστοιχείων, η ανακάλυψη της πενικιλίνης και άλλα.

Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι η εξέλιξη άλλων τομέων όπως είναι η βιολογία, η χημεία, η φαρμακολογία, η μηχανική, η ηλεκτρονική, η πληροφορική και πολλές άλλες, ενισχύει την εξέλιξη της ιατρικής. Για παράδειγμα, η εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών σε συνδυασμό με την άνθηση των τηλεπικοινωνιών και των δικτύων κατέστησαν εφικτή την ανάπτυξη της τηλεϊατρικής, δηλαδή της παροχής ιατρικών υπηρεσιών εξ αποστάσεως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗΝ ΚΛΙΝΙΚΗ ΠΡΑΞΗ : ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ

2.1 Εισαγωγή

Οι νέες τεχνολογίες οι οποίες εφαρμόζονται θα μπορούσαν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο επίπεδα προς καλύτερη ανάλυση στην παρούσα εργασία, σε αυτές που εφαρμόζονται στην καθημερινή κλινική πράξη προς διευκόλυνση του ιατρού και γενικότερα των επαγγελματιών υγείας, και σε αυτές που διευκολύνουν την καθημερινότητα του ασθενούς. Φυσικά, δεν συνεπάγεται ότι εάν μια τεχνολογία είναι προς διευκόλυνση του ιατρού δεν θα είναι και για την ποιότητα του ασθενούς, όπως επίσης και το αντίστροφο.

Ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, η εξέλιξη των νέων τεχνολογικών εφαρμογών είναι ραγδαία και απαιτείται διαρκής ενημέρωση και εκπαίδευση των ιατρών. Τα ιδιαίτερα αυξημένα χρηματικά ποσά τα οποία επενδύονται για την έρευνα και ανάπτυξη των νέων τεχνολογιών δημιουργούν πιέσεις στην ιατρική κοινότητα για άμεση εφαρμογή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το κόστος να μετακυλιέται στους ασθενείς είτε άμεσα είτε έμμεσα.

Γενικά, τα νέα τεχνολογικά ευρήματα αναπτύσσονται με αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγικότητας των ιατρών, την μείωση του χρόνου της ιατρικής πράξης, την αύξηση της ακρίβειας της ιατρικής πράξης, την προσέγγιση ανατομικών περιοχών που μέχρι πρότινος δεν ήταν προσεγγίσιμες, την γρηγορότερη αποκατάσταση του ασθενούς, την μείωση του κόστους, την ξεκούραση των ιατρών και των επαγγελματιών υγείας, την αντιμετώπιση περισσότερων περιστατικών και την μείωση της πιθανότητας ιατρικού λάθους. Τα προαναφερθέντα ορίζονται ως τα πλεονεκτήματα της ανάπτυξης της ιατρικής τεχνολογίας. Από την άλλη υπάρχει και αρκετά μειονεκτήματα τα οποία πρέπει να εξετάζονται κατά περίπτωση με εργαλεία τα οποία αναφέρθηκαν στην εισαγωγή της εργασίας.

Το κόστος μιας νέας τεχνολογίας, η έλλειψη κλινικής δοκιμής της, η αμφίβολη αποτελεσματικότητα και ο κίνδυνος επιπλοκών είναι ορισμένα από τα μειονεκτήματα τα οποία μπορεί να την ακολουθούν.

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα αναλυθούν ορισμένες περιπτώσεις μελέτης νέων ιατρικών εφαρμογών οι οποίες χρησιμοποιούνται στο καθημερινό κλινικό έργο και

έχουν αναπτύξει την αποτελεσματικότητα των ιατρικών πράξεων από την μεριά του ιατρού. Επίσης θα γίνει σύγκριση σε σχέση με κλασικές ιατρικές μεθόδους οι οποίες αφορούν το ίδιο ιατρικό αντικείμενο. Στο τέλος της εργασίας θα αναλυθούν τα συμπεράσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης σχετικά με τα θετικά και τα αρνητικά των νέων ιατρικών τεχνολογιών.

2.2 Η μελέτη περίπτωσης της ρομποτικής χειρουργικής

Ένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα στην ιατρική τεχνολογία του 20ου αιώνα ήταν η ανάπτυξη των ελάχιστα τραυματικών τεχνικών (minimally invasive surgery) στη χειρουργική. Ιδιαίτερα τις δύο τελευταίες δεκαετίες παρατηρήθηκε ραγδαία εξέλιξη στον τομέα της χειρουργικής όπου οδήγησαν στην λιγότερο επεμβατική μέθοδο της χειρουργικής. Ενδιάμεσο στάδιο αυτής της εξέλιξης αποτελεί η λαπαροσκοπική χειρουργική κατά την οποία η επέμβαση δεν γίνεται υπό άμεση όραση του ιστού, αλλά μέσω μιας οθόνης. Το 1985 το ρομποτικό σύστημα PUMA 560 χρησιμοποιήθηκε για να εκτελέσει βιοψία εγκεφάλου με καθοδήγηση υπό CT έλεγχο. Το 1988, το σύστημα PROBOT, που αναπτύχθηκε στο Imperial College London, χρησιμοποιήθηκε σε ουρολογικές επεμβάσεις προστάτη. Το σύστημα ROBODOC της Integrated Surgical Systems τέθηκε σε λειτουργία το 1992 για να σμιλεύει με ακρίβεια τις επιφάνειες του ισχίου κατά την αρθροπλαστική και αντικατάσταση. Περαιτέρω εξέλιξη των ρομποτικών συστημάτων πραγματοποιήθηκε από την Intuitive Surgical με την κατασκευή του συστήματος Da Vinci και από την Computer Motion με τα ρομποτ AESOP και ZEUS.

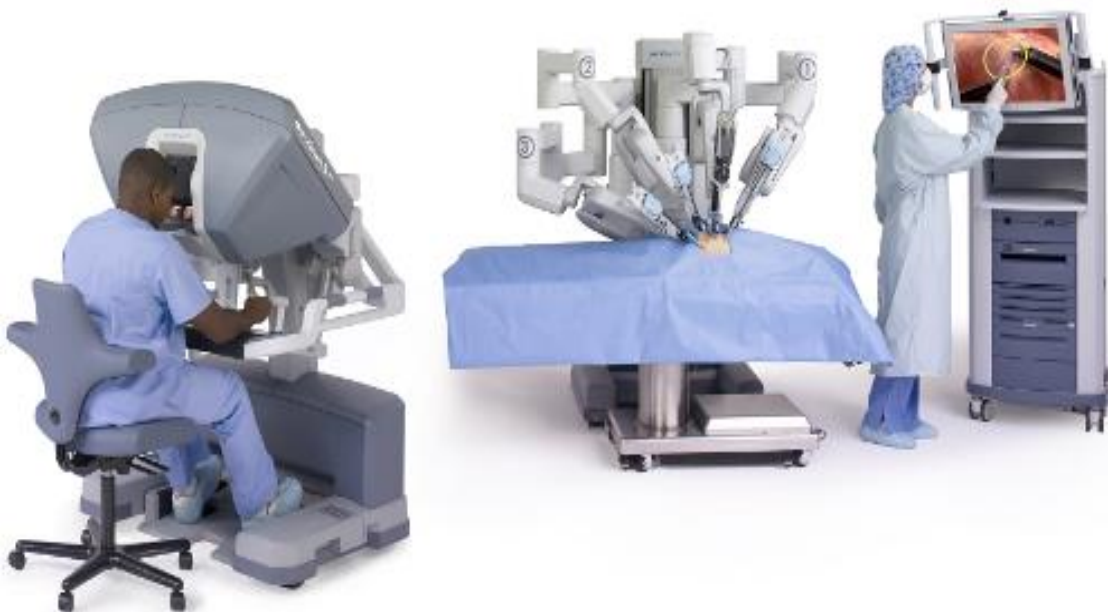
Η πρώτη γενιά χειρουργικών ρομπότ χρησιμοποιείται ήδη σε αρκετά χειρουργεία ανά τον κόσμο. Τα συγκεκριμένα μηχανήματα απαιτούν το χειρισμό του χειρουργού ιατρού καθώς δεν μπορούν να χειρουργήσουν υπό την καθοδήγηση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Ο έλεγχος αυτών των χειρουργικών ρομπότ γίνεται με τηλεχειρισμό και ενεργοποίηση μέσω φωνής. Το συγκριτικό τους πλεονέκτημα είναι η αύξηση της ακρίβειας των κινήσεων με ελαχιστοποίηση των τομών στον ασθενή καθώς και την ελαχιστοποίηση των επιπλοκών. Ένα τέτοιο μηχανήμα είναι το ZEUS το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως για την εκτέλεση στεφανιαίας επέμβασης παράκαμψης. Ο ΑΙΣΩΠΙΟΣ είναι το πρώτο χειρουργικό ρομπότ το οποίο εγκρίθηκε από τον FDA και φέρει ένα μηχανικό

βραχιόνιο για την σωστή τοποθέτηση του ενδοσκοπίου. Επίσης, επειδή λειτουργεί με φωνητικές εντολές επιτρέπει την ελευθερία κινήσεων με τα χέρια στο χειρουργό (Κωνσταντινίδης Κ. Ρομποτική Χειρουργική. Έκδοση του Ιατρικού Κέντρου Αθηνών, 2012).

Η σπουδαιότερη τεχνολογική εξέλιξη στον τομέα της ρομποτικής χειρουργικής ήταν το μηχάνημα Da Vinci το οποίο παράχθηκε το 1995. Το Da Vinci αποτελεί το πρώτο και μοναδικό αυτή τη στιγμή στον κόσμο σύστημα ρομποτικής χειρουργικής που πραγματοποιεί εγχειρήσεις με την ελάχιστη δυνατή επέμβαση στον οργανισμό του ασθενούς.

Εικόνα 2.1

Το μηχάνημα ρομποτικής χειρουργικής Da Vinci



Πηγή : <http://www.intuitivesurgical.com>

Το Da Vinci χρησιμοποιεί προηγμένη τεχνολογία με την οποία επαυξάνονται οι δυνατότητες του χειρουργού στην εφαρμογή της ελάχιστα τραυματικής χειρουργικής. Η επέμβαση εκτελείται αποκλειστικά από τον χειρουργό, οι κινήσεις των χεριών του οποίου μεταφέρονται ηλεκτρονικά στους βραχίονες με απόλυτη ακρίβεια, σταθερότητα και λεπτότητα, σε πραγματικό χρόνο. Το da Vinci έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε ο χειρουργός να έχει τον απόλυτο έλεγχο και στους τέσσερις βραχίονες σαν να είναι τα δικά του χέρια. Το ρομποτικό χειρουργικό σύστημα Da Vinci έχει πολλά πλεονεκτήματα

για τον ιατρό που το χρησιμοποιεί καθώς και για τον ασθενή. Ο ιατρός έχει τρισδιάστατη έγχρωμη εικόνα των οργάνων του ασθενούς, αίσθηση ότι τα μάτια και τα χέρια του βρίσκονται μέσα στο σώμα του ασθενούς, βλέπει άριστα σε σημεία που μέχρι σήμερα δεν υπήρχε καμιά οπτική πρόσβαση και χειρουργεί σε απρόσιτα μέχρι σημεία με απόλυτη ασφάλεια και ακρίβεια. Ως προς τον ασθενή, η ρομποτική χειρουργική σε σχέση με την κλασική αλλά και σε σχέση με την λαπαροσκοπική, είναι αναίμακτη, δεν αφήνει ουλές και προσφέρει μεγάλα οφέλη για τους ασθενείς. Πιο συγκεκριμένα, προσφέρει μικρότερη διάρκεια αναισθησίας, μεγάλη ελάττωση του μετεγχειρητικού πόνου, ταχύτερη ανάρρωση και έξοδο από το νοσοκομείο, μικρότερο κόστος νοσηλείας, ταχεία επάνοδο στην εργασία, εξάλειψη των μετεγχειρητικών επιπλοκών, που να έχουν σχέση με το τραύμα (διαπύηση, διάσπαση, κήλη, χρόνιο άλγος κλπ) και των μετεγχειρητικών συμφύσεων και των συνεπειών τους, και τέλος λιγότερες αναπνευστικές και καρδιαγγειακές επιπλοκές (<http://www.intuitivesurgical.com>).

Το ρομποτικό χειρουργικό σύστημα Da Vinci χρησιμοποιείται σε πολλές διαφορετικές επεμβάσεις όλου του φάσματος των ιατρικών ειδικοτήτων. Ενδεικτικά, κάποιες από τις επεμβάσεις οι οποίες μπορούν να επιτευχθούν με το Da Vinci είναι οι εξής: η τοποθέτηση δακτυλίου στομάχου Lap Band ή γαστρικού bypass για νοσογόνο παχυσαρκία, η διόρθωση διαφραγματοκήλης και γαστροοισοφαγικής παλινδρόμησης, η αντικατάσταση μιτροειδούς βαλβίδας, by pass στεφανιαίας αρτηρίας, η αφαίρεση κύστεων ωοθηκών, ινομυωμάτων, σαλπίνγων, εξωμητρίου κήσεως, ο λεμφαδενικός καθαρισμός και η υστερεκτομή. Παρατηρείται ότι ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των ρομποτικών εργαλείων είναι ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολυάριθμους τύπους χειρουργικών επεμβάσεων, σε διάφορα σημεία του ανθρώπινου σώματος, ενώ είναι και απόλυτα ασφαλή στη χειρουργική καρδιάς. Εντούτοις, όλοι οι ασθενείς δεν είναι κατάλληλοι για να υποβληθούν σε ρομποτική επέμβαση (<http://www.davincisurgery.com>).

Τα μελλοντικά ρομποτικά συστήματα θα χειρουργούν μέσω μίας μόνο μικροτομής με εύκαμπτα εργαλεία. Νέα ρομποτικά εργαλεία με «έξυπνες» αρθρώσεις παρουσιάζονται κάθε χρόνο από την κατασκευάστρια εταιρεία (λαβίδες, κοπτορράπτες, αναρροφήσεις). Πρόσφατα, παρουσιάστηκε η τεχνολογία «firefly» η οποία ακολουθώντας την έγχυση ειδικής φθορίζουσας ουσίας στην κυκλοφορία του ασθενούς, μπορεί να απεικονίσει σε ειδική κάμερα λεπτομερώς το σύστημα των χοληφόρων, το αγγειακό δίκτυο και σε συγκεκριμένα περιστατικά τους προσβεβλημένους λεμφαδένες που πρέπει να

αφαιρεθούν. Διεγχειρητικά ένα τέτοιο εργαλείο θα μπορούσε να αποδειχτεί πολύ μεγάλης σημασίας, εφόσον σήμερα οι περισσότεροι χειρισμοί βασίζονται σε εκτεταμένη παρασκευή (διαχωρισμό) των ιστών, στην καλή γνώση της ανατομίας και στην εμπειρία του χειρουργού. Με την παραπάνω μέθοδο, ο χειρουργός αποκτά ορατούς «στόχους» στο πεδίο του. Επιπρόσθετα, η τεχνολογία της Επαυξημένης Πραγματικότητας επιδιώκει να φέρει ένα πραγματικό, ψηφιακό σύστημα πλοήγησης (navigation) μέσα στα ρομποτικά συστήματα, ανάλογο με αυτό που χρησιμοποιούμε με το GPS στο αυτοκίνητο. Η ανατομία κάθε ασθενούς διαφέρει. Με την επαυξημένη πραγματικότητα οι διαφορές αυτές γίνονται ορατές! Η επαυξημένη πραγματικότητα επιτρέπει σε γραφικά τρισδιάστατα μοντέλα της ανατομίας του ασθενούς που προέρχονται από ανασυνθέσεις των αξονικών και μαγνητικών τομογραφιών, να επιπροβάλλονται πάνω στο εγχειρητικό πεδίο με αποτέλεσμα την «επαύξηση» της εικόνας για διεγχειρητική πλοήγηση.

Πίνακας 2.1

Σύγκριση λαπαροσκοπικής και ρομποτικής χειρουργικής.

	Λαπαροσκοπική	Σύστημα da Vinci®
Ποσοστό Επιτυχίας	93%	100%
Χρόνος Επέμβασης	173 min	120 min
Χρόνος Νοσηλείας	48 hours	36 hours

Πίνακας 2.2

Σύγκριση κλασσικής χειρουργικής και ρομποτικής χειρουργικής σε περιστατικά καρδιοχειρουργικής.

Καρδιοχειρουργική - Θωρακοχειρουργική

Αποκατάσταση Μιτροειδούς Βαλβίδας	Ανοιχτό Χειρουργείο	Σύστημα da Vinci®
Θνησιμότητα	2,2%	0%
Σημαντικές Μετεγχειρητικές Επιπλοκές	13,1%	0%
Χρόνος Μετεγχειρητικής Νοσηλείας	8,5 ημέρες	1,3 ημέρες

Πίνακας 2.3

Σύγκριση κλασσικής χειρουργικής, λαπαροσκοπικής και ρομποτικής χειρουργικής σε ουρολογικά χειρουργεία.

Ουρολογία (Ριζική Προστατεκτομή)

Ριζική Προστατεκτομή	Ανοιχτό Χειρουργείο	Λαπαροσκοπικά	Σύστημα da Vinci®
Χρόνος Επέμβασης	164 min	248 min	160min
Απώλεια Αίματος	900 ml	380 ml	153 ml
Μετεγχειρητικές Επιπλοκές	15%	10%	5%
Χρόνος Νοσηλείας	3,5 ημέρες	1,3 ημέρες	1,2 ημέρες
Ποσοστό Ανάπτυξης Καρκίνου Μετεγχειρητικά	24%	24%	5%
Χρόνος χρήσης καθετήρα μετά την επέμβαση	15 ημέρες	10 ημέρες	5 ημέρες

2.3Η μελέτη περίπτωσης των εφαρμογών ναοϊατρικής στην κλινική πράξη

2.3.1 Γενικά

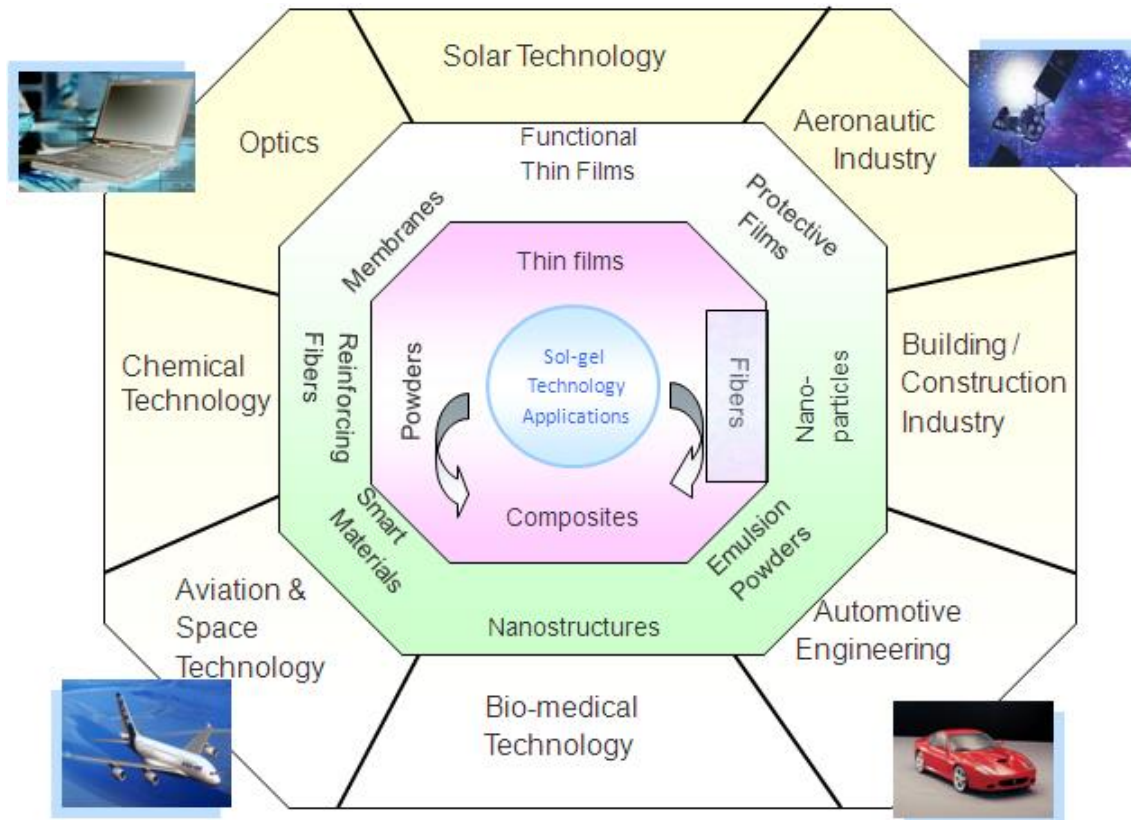
Η Νανοτεχνολογία είναι ο επιστημονικός κλάδος που ασχολείται με δομές μεγέθους μερικών νανομέτρων, τα νανοϋλικά, και με τις εφαρμογές τους. Έχει γνωρίσει τεράστια ανάπτυξη τις τελευταίες δεκαετίες, ειδικά χάρις στην εφεύρεση και χρήση εξελιγμένων απεικονιστικών συστημάτων, κυρίως μικροσκοπίων. Η νανοτεχνολογία έχει εφαρμογή σε όλους σχεδόν τους επιστημονικούς κλάδους, με πολλαπλές χρήσεις στην καθημερινή ζωή. Η νανοτεχνολογία είναι ένα σύγχρονο, πολυσυλλεκτικό, επιστημονικό πεδίο. Σύμφωνα με το Εθνικό Κέντρο Νανοτεχνολογίας των Η.Π.Α. , ως νανοτεχνολογία ουσιαστικά προσδιορίζεται η παρατήρηση της ύλης σε ατομικό και μοριακό επίπεδο, ή πιο ορθά ως η επιστήμη και τεχνολογία στο επίπεδο της νανοκλίμακας. Σε ένα ευρύτερο πλαίσιο, η νανοτεχνολογία πρόκειται για το σχεδιασμό, παραγωγή και εφαρμογή δομών και συσκευών με ελεγχόμενη διαχείριση μεγέθους και σχήματος στη νανοκλίμακα. Πρόκειται δηλαδή, για τη μελέτη και χρήση εξαιρετικά μικρών δομών, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλα τα άλλα επιστημονικά πεδία, όπως η χημεία, η φυσική, η βιολογία, η επιστήμη υλικών και η μηχανική. Σύμφωνα με τον ορισμό της

Εθνικής Πρωτοβουλίας Νανοτεχνολογίας των ΗΠΑ, η νανοτεχνολογία θεωρείται ότι αφορά υλικά διαστάσεων από 10^{-7} έως 10^{-9} του μέτρου, όπως για παράδειγμα, το τρανζίστορ, οι ιοί, το DNA, οι νανοσωλήνες άνθρακα και οι κβαντικές τελείες (<http://www.crnano.org>).

Οι απαρχές της νανοτεχνολογίας χάνονται στα βάθη της ιστορίας, καθώς οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν ανέκαθεν νανοϋλικά και εφάρμοσαν νανοτεχνολογικές μεθόδους εδώ και χιλιάδες χρόνια, εν αγνοία τους. Οι σημερινές εξελίξεις στο πεδίο αυτό έχουν τις πηγές τους σε επιστημονικές έρευνες άνω των εκατό ετών, ορισμένες εκ των οποίων έγιναν από πολύ διάσημους επιστήμονες. Στη σύγχρονη εποχή, ο R. Feynman, το 1959 στη διάλεξή του με τίτλο «Υπάρχει άφθονος χρόνος στο βάθος (στον πυθμένα)», στην Εταιρεία Φυσικών Επιστημών των ΗΠΑ, έθεσε τη σημασία της διαχείρισης και ελέγχου της ύλης σε μικροσκοπικό επίπεδο και εντόπισε τη σημασία της κατασκευής της όχι με διαίρεση μεγάλων όγκων, αλλά χτίζοντας άτομο το άτομο (“bottom-up”), προκαλώντας χημικούς και φυσικούς να διερευνήσουν πώς θα μπορούσε να ελεγχθούν τα πράγματα σε ατομικό επίπεδο και θέτοντας το σπόρο για την ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας. Πέρασαν 15 περίπου χρόνια, μέχρι ο Norio Taniguchi, στο πανεπιστήμιο του Τόκιο, να χρησιμοποιήσει για πρώτη φορά τον όρο νανοτεχνολογία. Αλλά η πραγματική έρευνα στο πεδίο ουσιαστικά ξεκίνησε μετά το 1981, οπότε η ανακάλυψη και χρήση του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου επέτρεψε την οπτική πρόσβαση και μελέτη της νανοκλίμακας.

Η Νανοϊατρική είναι η εφαρμογή της Νανοτεχνολογίας στην Ιατρική. Στηρίζεται στις βελτιωμένες και συχνά νέες φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες των νανο υλικών. Το συγκρίσιμο μέγεθος των συνθετικών αυτών δομών με φυσικές λειτουργικές μονάδες επιτρέπει την άμεση αλληλεπίδραση τους με τους ζωντανούς οργανισμούς. Στόχος της νανοϊατρικής είναι η βελτίωση τόσο της διαγνωστικής ιατρικής (έγκαιρη και έγκυρη διάγνωση) όσο και της θεραπευτικής ιατρικής. Επομένως, ως Νανοϊατρική ορίζεται η καταγραφή, η επιδιόρθωση, η κατασκευή και ο έλεγχος ανθρώπινων βιολογικών συστημάτων στο μοριακό επίπεδο, με τη χρήση κατασκευασμένων νανοσυσκευών και νανοδομών. Καθώς το μέγεθος των νανοϋλικών είναι παρόμοιο με εκείνο των περισσότερων βιομορίων και δομών, αυτά μπορούν να αποδειχθούν χρήσιμα τόσο σε *in vitro* όσο και σε *in vivo* επίπεδο στη βιοϊατρική έρευνα και τις σχετικές εφαρμογές. Μέχρι σήμερα, έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται ήδη, διαγνωστικές συσκευές, σκιαγραφικά υλικά, εργαλεία ανάλυσης, εφαρμογές φυσικής

αποκατάστασης και οδηγοί διανομής φαρμάκων, ενώ η νανοϊατρική θεωρείται το ευρύτερο πεδίο ανάπτυξης και εφαρμογής της νανοτεχνολογίας σήμερα. Οι εφαρμογές της νανοτεχνολογίας στην ιατρική διακρίνονται σε *in vitro* και *in vivo* (Mishra S, Nanotechnology in medicine Indian Heart J. 2016 May-Jun;68(3):437-9).



Πηγή : gardencitycollege.edu

Διάγραμμα 2.1

Πεδία εφαρμογής της νανοτεχνολογίας.

2.3.2 Κατηγορίες εφαρμογής της νανοϊατρικής

Η Νανοδιαγνωστική ορίζεται ως η εφαρμογή της νανοτεχνολογίας στη διάγνωση μίας δυσλειτουργίας ή και νόσου στους ανθρώπους, όσο το δυνατόν νωρίτερα, ακόμα και σε μονοκυτταρικό επίπεδο. Η εφαρμογή της νανοτεχνολογίας στη διαγνωστική ιατρική έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη μίας νέας γενιάς διαγνωστικών τα οποία έχουν μικρό μέγεθος, απαιτούν μικρή ποσότητα δείγματος και παρέχουν σε σύντομο χρονικό διάστημα ακριβή βιολογικά δεδομένα μέσω μίας απλής μέτρησης. Διακρίνεται σε εφαρμογές *in vitro* και *in vivo*. Στις *in vitro* εφαρμογές της νανοτεχνολογίας στη Νανοϊατρική εντάσσονται : α) οι πλατφόρμες βιοαισθητήρων και β) τα νανοσωματίδια ως βιομοριακοί δείκτες. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η μαζική ανάλυση δειγμάτων, η αυξημένη ευαισθησία, και η ανάπτυξη καινοτόμων και χαμηλού κόστους τεχνολογιών. Οι νανοβιοαισθητήρες είναι συσκευές ανάλυσης (βιοαισθητήρες) στη νανοκλίμακα, οι οποίες μετατρέπουν μία βιολογική αντίδραση σε ένα ανιχνεύσιμο σήμα. Αποτελούνται από έναν βιοϋποδοχέα ή βιοδέκτη, έναν μετατροπέα και έναν ανιχνευτή. Ο βιοϋποδοχέας (μικροοργανισμός, ιστός, κύτταρο, οργανίδιο, νουκλεϊκό οξύ, ένζυμο, συστατικό ενζύμου, αντίσωμα) αλληλεπιδρά ή συνδέεται με την αναλυόμενη ουσία και μπορεί να αναγνωρίσει μία βιοχημική μεταβολή, λειτουργία ή συγκέντρωση ενός συγκεκριμένου μορίου βιολογικής σημασίας σε ένα διάλυμα. Ο μετατροπέας μετατρέπει το βιοχημικό σήμα σε ένα μετρίσιμο σήμα, με μεγάλη ειδικότητα, ευαισθησία και σταθερότητα. Οι μετατροπείς μπορεί να είναι οπτικοί, ηλεκτρικοί, χημικοί ή ηλεκτροχημικοί. Τέλος, ο ανιχνευτής, μετατρέπει το σήμα και το αναλογοποιεί ώστε να μπορεί να καταγραφεί. Οι νανοβιοαισθητήρες μπορεί να είναι μονήρεις ή να συμμετέχουν πολλοί σε μία συσκευή. Ορισμένες από τις πολυάριθμες εφαρμογές των νανοβιοαισθητήρων, είναι οι ακόλουθες: Γενετική παρακολούθηση νοσημάτων με τη χρήση αισθητήρων βασισμένων στο DNA, έλεγχος φαρμάκων για ιογενή νοσήματα με τη χρήση, κυτταρικοί αισθητήρες για έλεγχο φαρμάκων ή/και ανίχνευση δυσλειτουργίας, εξέταση αίματος και ούρων, ανίχνευση βακτηριακής λοίμωξης με χρήση μικροβιακών αισθητήρων, εξέταση φαρμάκων για σακχαρώδη διαβήτη με ενζυμικούς αισθητήρες (Tomaszewski KA, Radomski MW, Santos-Martinez MJ, Nanodiagnosics, nanopharmacology and nanotoxicology of platelet-vessel wall interactions Nanomedicine (Lond). 2015 May;10(9):1451-75).

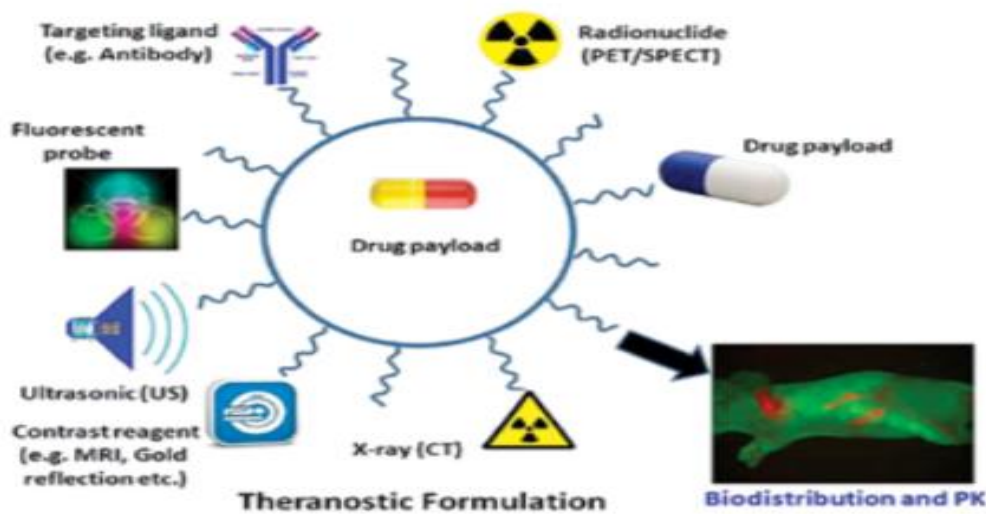
Τα νανοκυκλώματα είναι συσκευές οι οποίες αποτελούνται από ενσωματωμένες βιολογικές τεχνητές δομές, με διαστάσεις μικρότερες των κυττάρων. Επιτρέπουν την ταυτόχρονη διενέργεια πολλαπλών εξετάσεων και βιοχημικών αντιδράσεων, με σκοπό την ανίχνευση μίας μόνο μοριακής υπογραφής. Τα κυκλώματα αυτά αλληλεπιδρούν με κύτταρα ή τα οργανίδια τους για τη μαζική και ταχεία ανάλυση κλινικών δειγμάτων. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση δεικτών διαφόρων νοσημάτων ή ακόμη και γενετικών μεταλλάξεων. Επιμέρους εφαρμογές της νανοτεχνολογίας στην διαγνωστική έχουν τα νανορευστά, που επιτρέπουν την απομόνωση και αναγνώριση μεμονωμένων μορίων σε δείγματα υγρών και σε εξαιρετικά μικρές ποσότητες, καθώς και οι νανοοπές για την αναγνώριση ακολουθιών DNA, με εφαρμογές στη ανίχνευση συγγένειας-ταυτοποίησης γενετικού υλικού. Τα νανοσωματίδια, τέλος, χρησιμοποιούνται ως βιομοριακοί δείκτες με στόχο να αντικαταστήσουν τις κλασσικές φθορίζουσες χρωστικές και εφαρμόζονται στα τεστ κήσεως (HoD., Nanodiamonds: The intersection of nanotechnology, drug development, and personalized medicine. Sci Adv. 2015 Aug 21;1(7):e1500439). Η in vivo Νανοδιαγνωστική έχει την ίδια αρχή με τη μοριακή απεικόνιση καθώς επιτρέπει την απεικόνιση της κυτταρικής λειτουργίας και την παρακολούθηση των κυτταρικών διεργασιών σε έμβιους οργανισμούς. Η βασική διαφορά από την παραδοσιακή απεικονιστική είναι η χρήση βιοδεικτών, που αλληλεπιδρούν χημικά με το περιβάλλον τους και ως συνέπεια μεταβάλλουν την εικόνα ακολούθως με τις μοριακές αλλαγές που προκύπτουν στο πεδίο ενδιαφέροντος. Η απεικόνιση ζώντων οργανισμών περιλαμβάνει την υπολογιστική τομογραφία, τη μαγνητική τομογραφία, την τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων, την οπτική απεικόνιση, την απεικόνιση με φθορισμό και τη υπερηχογραφική απεικόνιση. Η χρήση νανοσωματιδίων κατάλληλης σύνθεσης μπορεί να αυξήσει σημαντικά την ευκρίνεια καθεμίας από αυτές τις εξετάσεις. Στην CT χρησιμοποιούνται κυρίως τα νανοσωματίδια χρυσού τα οποία εμφανίζουν υψηλή απορρόφηση των ακτίνων X, έχουν εύκολη σύνθεση, ενεργοποίηση και ανίχνευση, καλή βιοσυμβατότητα, καθώς και χαμηλή τοξικότητα, και χρησιμοποιούνται σε προκλινικές μελέτες για ανίχνευση καρκίνου και απεικόνιση αθηροσκληρυντικών πλακών. Στην μαγνητική τομογραφία χρησιμοποιούνται τα παραμαγνητικά σωματίδια οξειδίου του σιδήρου (SPIOs). Τα σωματίδια οξειδίου του σιδήρου χρησιμοποιούνται ήδη στην κλινική πράξη, κυρίως στη μαγνητική αγγειογραφία και στην απεικόνιση του ήπατος και λεμφαδενικών μεταστάσεων, αλλά και στην καρδιολογία. Τέλος, στους υπερήχους χρησιμοποιούνται

τα νανοσωματίδια perfluorocarbon. Παρατηρείται ότι τα νανοσωματίδια αξιοποιούνται σε συνδυασμό με κλασσικές μεθόδους απεικόνισης για την βελτιστοποίηση της εξειδίκευσης και της ακρίβειας του απεικονιστικού αποτελέσματος (HoD., Nanodiamond-based chemotherapy and imaging. *Cancer Treat Res.* 2015;166:85-102). Αυτή η εξέλιξη είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ιατρική καθώς αυξάνει την στόχευση σε μοριακό και ατομικό επίπεδο. Η σύγχρονη ιατρική προσεγγίζει μοριακά την παθοφυσιολογία των νοσημάτων οπότε απαιτεί νέα εργαλεία διάγνωσης και θεραπείας τα οποία παρέχει η νανοτεχνολογία.

2.3.3 Η Νανοθεραπευτική

Η νανοθεραπευτική είναι η εφαρμογή της νανοτεχνολογίας στους τομείς της χορήγησης φαρμάκων και της θεραπείας. Μέσω της νανοθεραπευτικής έχουν εισαχθεί στην κλινική πράξη η στοχευμένη χορήγηση φαρμάκων, ενώ επιτυγχάνεται η βελτίωση της διαλυτότητας των φαρμάκων, η παράταση του χρόνου ημιζωής τους και η βελτίωση του θεραπευτικού δείκτη με αποτέλεσμα τη βελτίωση στη θεραπεία πολλών παθήσεων. Τα νανοσωματίδια χρησιμοποιούνται στη θεραπευτική διαφόρων νόσων και κυρίως του καρκίνου. Η σύνθεσή τους με το μικρό μέγεθος έχει ως αποτέλεσμα τον αυξημένο χρόνο παραμονής τους στην κυκλοφορία. Έτσι αυξάνεται η προστασία των φαρμάκων από πρόωρη αποδόμηση στον οργανισμό και η απορρόφηση από τα καρκινικά κύτταρα, κάτι που μας ενδιαφέρει στην αντιμετώπιση του καρκίνου. Επίσης, μειώνεται η απαιτούμενη δόση φαρμάκου και επιτυγχάνεται ο καλύτερος έλεγχος του χρόνου και της κατανομής στους ιστούς. Τα κυριότερα είδη νανοσωματιδίων που χρησιμοποιούνται στον τομέα αυτό είναι τα λιπосώματα, τα πολυμερή, οι νανοκρύσταλλοι και τα μικκύλια. Ο τύπος του νανοσωματιδίου επιδρά στη βιοδιαθεσιμότητα και την κατανομή του φαρμάκου. Η πρόσβαση στους ιστούς στόχους μπορεί να είναι παθητική ή ενεργητική. Η πρώτη βασίζεται στην αυξημένη παθολογική αγγειογένεση που εμφανίζουν οι καρκινικοί ιστοί. Η δεύτερη επιτυγχάνεται με τη σύνδεση σε υποδοχείς των καρκινικών κυττάρων, μέσω συνδετών ή άλλων ειδικών παραγόντων για το κύτταρο στόχο που φέρουν τα νανοσωματίδια στην επιφάνειά τους. Ένα σημαντικό πρόβλημα που αντιμετωπίζεται στην εφαρμογή της νανοτεχνολογίας στην φαρμακολογία είναι η συχνή χορήγηση ενέσιμων φαρμάκων στους ασθενείς με σκοπό την καλύτερη αποτελεσματικότητα της θεραπείας. Η επιστημονική κοινότητα με

ερευνητικό ενδιαφέρον τη νανοτεχνολογία εργάζεται για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος. Οι παραπάνω στόχοι αναμένεται να επιτευχθούν μέσω της ανάπτυξης συστημάτων στοχευμένης απόδοσης τα οποία απελευθερώνουν επιλεκτικά το φάρμακο σε συγκεκριμένα σημεία στο ανθρώπινο σώμα. Δεδομένου όμως ότι τα χαρακτηριστικά των φαρμάκων διαφέρουν σημαντικά σε ότι αφορά τη σύσταση, το μοριακό μέγεθος, την υδροφιλικότητα, τη βιοδιαθεσιμότητα, τη βέλτιστη συγκέντρωση (σε υψηλότερες ή χαμηλότερες συγκεντρώσεις το φάρμακο μπορεί να είναι τοξικό ή να μην έχει θεραπευτική ικανότητα) κλπ., τα βασικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν την αποτελεσματικότητα των συστημάτων στοχευμένης απόδοσης είναι ιδιαίτερα πολύπλοκα (Daraee H, Eatemadi A, Abbasi E, Fekri Aval S, Kouhi M, Akbarzadeh A., Application of gold nanoparticles in biomedical and drug delivery. Artif Cells Nanomed Biotechnol. 2016;44(1):410-22). Η επίτευξη αυτών των στόχων απαιτεί την συνεργασία διαφορετικών επιστημονικών τομέων όπως της ανόργανης χημείας, της μοριακής βιολογίας και της φαρμακολογίας.



Πηγή : www.phys.org

Διάγραμμα 2.2

Διάγραμμα το οποίο απεικονίζει σχηματικά την θεραπευτική-διαγνωστική δράση νανοσωματιδίου.

2.3.4 Νανο-ογκολογία

Στην συνέχεια παρουσιάζονται και αναλύονται συνοπτικά πιο συγκεκριμένες εφαρμογές της ιατρικής σε κλάδους της ιατρικής. Η νανοϊατρική έχει εφαρμογή σε διάφορες ιατρικές ειδικότητες όπως είναι η ογκολογία, η νευρολογία, η οφθαλμολογία και η καρδιολογία.

Η νανοογκολογία είναι η εφαρμογή της νανοτεχνολογίας στον καρκίνο και αποτελεί σήμερα τον σημαντικότερο τομέα της νανοϊατρικής στον οποίο επενδύονται αρκετά λεφτά για την αντιμετώπιση του καρκίνου, συνδυαστικά με την ανοσοθεραπεία. Τα νανοσωματίδια που χρησιμοποιούνται στην ογκολογία πρέπει να διαθέτουν έναν συνδυασμό συγκεκριμένων χαρακτηριστικών. Τα συχνότερα χρησιμοποιούμενα είναι τα λιποσώματα, τα πολυμερή, τα μικκύλια, τα νανοκελύφη χρυσού και τα οξειδία σιδήρου. Η συμβολή της νανοτεχνολογίας αφορά τόσο στη διάγνωση των κακοηθειών όσο και στη θεραπεία. Πιο συγκεκριμένα, τα νανοϋλικά χρησιμοποιούνται σε όλες σχεδόν τις απεικονιστικές τεχνικές, και έχουν οδηγήσει σε ευρεία επέκταση των ορίων μοριακής διαγνωστικής με τη χρήση των σωματιδίων χρυσού και τις κβαντικές κηλίδες. Η χρήση των νανοβιοαισθητήρων οδήγησε σε ανακάλυψη νέων βιολογικών καρκινικών δεικτών και στην έγκαιρη ανίχνευσή τους. Επίσης, η ανίχνευση των κυκλοφορούντων καρκινικών κυττάρων με φωτοακουστικές μεθόδους και μαγνητικά σωματίδια συνέβαλε στην έγκαιρη διάγνωση των μεταστάσεων. Η συμβολή της νανοτεχνολογίας στη θεραπεία του καρκίνου αφορά στη χρήση των νανοσωματιδίων τα οποία χρησιμοποιούνται για την μεταφορά και απόδοση φαρμάκων. Πιο συγκεκριμένα συμβάλλει στη στοχευμένη χορήγηση φαρμάκων με αύξηση της αποτελεσματικότητας αυτών και μείωση των ανεπιθύμητων ενεργειών, λόγω μείωσης της χορηγούμενης δόσης, στην επιλεκτική θεραπευτική συγκέντρωση στα καρκινικά κύτταρα, στην υποβοήθηση της δράσης της υπερθερμίας στην μη επεμβατική αντιμετώπιση ανεγχείρητων κακοήθων όγκων, στην οπτική απεικόνιση και σκιαγράφιση όγκων με αύξηση της διαγνωστικής ικανότητας της μαγνητικής τομογραφίας και ταυτόχρονη χορήγηση θεραπευτικών αντικαρκινικών παραγόντων (Bregoli L, Movia D, Gavigan-Imedio JD, Lysaght J, Reynolds J, Prina-Mello A, Nanomedicine applied to translational oncology: A future perspective on cancer treatment. *Nanomedicine*. 2016 Jan;12(1):81-103).

Επίσης αναπτύσσεται ένα νέο πεδίο, τη «θεραγνώστική» (από τη σύνθεση των λέξεων θεραπευτική και διαγνωστική) δηλαδή το ίδιο νανοϋλικό να επιτελεί ταυτοχρόνως και τους δύο ρόλους. Τέλος, οδηγεί στην εξατομίκευση της θεραπείας η οποία όμως έχει ως μειονέκτημα το υψηλό κόστος.

2.3.5 Νανοχειρουργική

Ιδιαίτερα στη χειρουργική, υπάρχει μία πληθώρα δυνατοτήτων και εφαρμογών που βασίζονται στη νανοτεχνολογία. Οι επιμέρους τομείς όπου έχουν εισαχθεί νέες προοπτικές και καινοτομίες είναι η καθοδηγούμενη χειρουργική μέσω νανοαπεικόνισης, η καθοδηγούμενη χειρουργική μέσω νανοσωματιδίων, με χρήση της υπερθερμίας και της φωτοδυναμικής θεραπείας, η ενδοκυττάρια χειρουργική, με ή χωρίς χρήση Laser, καθώς και οι παρεμβάσεις για την βελτίωση των χειρουργικών εργαλείων. Σε σχέση με την κλασσική χειρουργική (ανοικτή χειρουργική), μειώνει τον χρόνο αποθεραπείας, περιορίζει τις ουλές και εξαλείφει τις μετεγχειρητικές φλεγμονές οι οποίες είναι ιδιαίτερα επώδυνες για τον ασθενή. Η νανοχειρουργική μπορεί να εφαρμοστεί σε επεμβάσεις πολλών διαφορετικών συστημάτων του οργανισμού (Sanjeev Singhand Arti Singh, Current status of nanomedicine and nanosurgery. *Anesth Essays Res.* 2013 May-Aug; 7(2): 237–242).

2.4 Η μελέτη περίπτωσης της τηλεϊατρικής

Η τηλεϊατρική είναι μια καινοτόμος προσέγγιση που συνδυάζει την ιατρική γνώση και εμπειρία και τον εξοπλισμό με την τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνίας, ώστε να καταστήσει δυνατές τις εξετάσεις, την παρακολούθηση και τη θεραπεία στο σπίτι σας. Επίσης, η αύξηση του προσδόκιμου ζωής ιδιαίτερα στις δυτικές χώρες, έχει αυξήσει και τον αριθμό των πολιτών με μακροχρόνιες παθήσεις. Έτσι γίνεται αντιληπτό το γεγονός ότι αυτοί πολίτες πρέπει να παρακολουθούνται συνέχεια. Η ανάγκη για μακροχρόνια θεραπεία οδήγησε στην ανάπτυξη νέων μοντέλων περίθαλψης που διευκολύνουν τη θεραπεία και την παρακολούθηση των ανθρώπων κατ' οίκον. Η τηλεϊατρική καινοτομεί στην παροχή υγειονομικής περίθαλψης χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικές μορφές επικοινωνίας.

Οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να εφαρμοστεί η τηλεϊατρική στην καθημερινή κλινική πράξη είναι οι εξής : με τη τηλεδιάσκεψη με το ιατρονοσηλευτικό προσωπικό. Έτσι, ο ασθενής μπορεί να συνομιλεί με το γιατρό μέσω σύνδεσης στο Διαδίκτυο μειώνοντας τις επισκέψεις του ασθενούς στον ιατρό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα και την μείωση του κόστους αλλά και την εξοικονόμηση χρόνου. Σημαντική είναι η καταγραφή των συμπτωμάτων σε ηλεκτρονική συσκευή στο σπίτι. Τα συμπτώματα και οι μετρήσεις (σπιρομέτρηση πνευμόνων, μέτρηση αρτηριακής πίεσης και άλλες) μπορούν να καταγράφονται ηλεκτρονικά μέσω υπολογιστή ή κινητού τηλεφώνου. Έτσι, ο ασθενής θα είναι σε θέση να συλλέγει σημαντικές πληροφορίες για το πώς επηρεάζεται η πάθηση ενώ κάνει τις καθημερινές δραστηριότητες του. Επίσης, οι μετρήσεις μπορούν να σταλούν στο ιατρικό προσωπικό για να εκτιμήσει την ανάγκη για περαιτέρω θεραπεία. Επίσης με τον τρόπο αυτό θα μπορεί να υποβάλει ερωτήσεις στο γιατρό σχετικά με τις μετρήσεις που έχει καταγράψει. Μέσω της τηλεϊατρικής γίνεται πιο εύκολη η εκπαίδευση και υποστήριξη αυτοδιαχείρισης (WHO. A health telematics policy in support of WHO's Health-For-All strategy for global health development: report of the WHO group consultation on health telematics, 11–16 December, Geneva, 1997. Geneva, World Health Organization, 1998) . Η τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί υποστηρικτικά για να ενημερώνεται ο ασθενής σχετικά με την πάθησή του, έτσι ώστε να μπορεί να ανταλλάξει τις γνώσεις και την εμπειρία του με άλλα άτομα σε παρόμοια κατάσταση. Αναγνωρίζει την αξία του βιώματος μιας πάθησης και δίνει την ευκαιρία ενημέρωσης σχετικά με μια πάθηση από προσωπικές εμπειρίες και περιγραφές ατόμων που έχουν αυτή την νόσο. Επιπροσθέτως, γίνονται πιο προσιτές οι πληροφορίες για την υγεία στο Διαδίκτυο. Όλο και περισσότερα άτομα χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο για να ενημερωθούν για θέματα υγείας. Το μειονέκτημα το οποίο προκύπτει είναι ο έλεγχος της αξιοπιστίας της επιστημονικής πληροφορίας. Επίσης, χάνεται η εξατομίκευση της διάγνωσης και της θεραπείας καθώς απουσιάζει η κλινική εξέταση. Τέλος, μέσω της τηλεϊατρικής μπορούν να λειτουργήσουν τηλεφωνικά κέντρα πληροφόρησης των ασθενών. Οι υπηρεσίες αυτές διευκολύνουν το ιατρονοσηλευτικό προσωπικό να κρίνει ποιος χρειάζεται άμεση ιατρική βοήθεια και ποιος μπορεί να επωφεληθεί από κατάλληλες τηλεφωνικές συμβουλές. Ένα τέτοιο παράδειγμα εφαρμογής αποτελεί και η αξιολόγηση των περιστατικών τα οποία χρήζουν άμεσης αντιμετώπισης από το ΕΚΑΒ.

Στην Ελλάδα, ειδικά λόγω της ιδιαίτερης γεωγραφικής και πληθυσμιακής κατανομής της με τα χιλιάδες νησιά, η εφαρμογή της τηλεϊατρικής είναι ιδιαίτερα σημαντική και αναγκαία. Υπάρχουν προγράμματα τηλεϊατρικής τα οποία υποστηρίζονται από ιδιωτική εταιρεία τηλεπικοινωνιών στα πλαίσια της εταιρικής ευθύνης, σε συνεργασία με το Υπουργείο Υγείας. Η τηλεϊατρική είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένη σε Δυτικά κράτη όπως η Γαλλία και ο Καναδάς. Αν και η τηλεϊατρική είναι ένα τεχνολογικό επίτευγμα τουλάχιστον 20 ετών, ακόμα αναπτύσσεται και σίγουρα στο μέλλον θα έχει μεγάλο πεδίο εφαρμογής σε απομακρυσμένες περιοχές. Όσο αναπτύσσεται ο τομέας των τηλεπικοινωνιών και μειώνεται το κόστος τηλεπικοινωνιακής ένωσης απομακρυσμένων περιοχών, τόσο πιο εύκολα προσβάσιμη και εφαρμόσιμη θα είναι η τηλεϊατρική. Βέβαια, εκτός του δικτύου τηλεπικοινωνιών απαιτείται ιατρικός εξοπλισμός και ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό. Επίσης, είναι ιδιαίτερα σημαντικός ένας στρατηγικός σχεδιασμός κάθε κράτους και σε μελλοντική φάση ακόμα και διακρατικός σχεδιασμός, για παράδειγμα, σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης (WoottonR. Telemedicine support for the developing world. Journal of Telemedicine and Telecare, 2008, 14(3):109–114).



Πηγή : <http://www.protonlabs.eu/>

Διάγραμμα 2.3

Η εφαρμογή απομακρυσμένου ηλεκτροκαρδιογραφήματος (τηλεκαρδιογράφημα) μέσω κινητού τηλεφώνου ή ηλεκτρονικού υπολογιστή.

2.5 Μελέτη περίπτωσης ηλεκτρονικού χολερυθρινόμετρου στα νεογνά

Ο νεογνικός ίκτερος είναι το πιο συχνό διαγνωστικό και θεραπευτικό πρόβλημα στα νεογνά. Απαιτούνται συνεχείς, καθημερινές μετρήσεις της χολερυθρίνης, με στόχο την έγκαιρη διάγνωση και αντιμετώπιση του ίκτερου. Η μέτρηση της χολερυθρίνης γίνεται επεμβατικά, μέσω φλεβοκέντησης, αλλά και διαδερμικά πλέον, μέσω ειδικών συσκευών.

Οι νέες συσκευές μέτρησης χολερυθρίνης είναι ένα σύγχρονο τεχνολογικό επίτευγμα το οποίο έχει ιδιαίτερα μεγάλη σημασία εφαρμογής τόσο για το ιατρικό προσωπικό όσο και για το νεογνό καθώς είναι μια αναίμακτη διαδικασία. Υπάρχουν μελέτες ακόμα και σε ελληνικά νοσοκομεία οι οποίες αποδεικνύουν την αποτελεσματικότητα αυτών των συσκευών.

Το νέο αναίμακτο χολερυθρινόμετρο διαδερμικής επαφής, επιτρέπει την εκτίμηση των κινδύνων της υπερχολερυθριναιμίας στα νεογέννητα και τη μέτρηση των επιπέδων της χολερυθρίνης με ευκολία. Με τη χρήση φωτός αντί για βελόνα, η νέα συσκευή μετράει τα επίπεδα χολερυθρίνης στο νεογέννητο δίπλα στη μητέρα, χωρίς να απομακρύνεται για ώρα. Επίσης, με αυτή τη τεχνολογία μειώνεται και ο κίνδυνος επιμόλυνσης καθώς το νεογνό δεν θα υποστεί φλεβοκέντηση (Management of Hyperbilirubinemia in the Newborn Infant 35 or More Weeks of Gestation, Subcommittee on Hyperbilirubinemia, Pediatrics 2004;114:297-316).

Για το χρήστη, είναι πιο πρακτικό και εργονομικό έτσι ώστε να παρέχει μεγαλύτερη ακρίβεια. Επίσης είναι αρκετά ελαφρύ. Έχει πολλή υψηλή ευαισθησία και έτσι επιτυγχάνονται γρηγορότερα αποτελέσματα, αυξημένη παραγωγικότητα και άμεση κλινική εικόνα. Η χρήση του χολερυθρινόμετρου δεν απαιτεί εκπαίδευση του επιστήμονα υγείας και είναι ιδιαίτερα εύκολη η εξοικείωση ακόμα και αρχάριων χρηστών. Σύμφωνα με μελέτες με τη χρήση της συσκευής επιτυγχάνεται μείωση του κόστους και του χρόνου σε σύγκριση με τις μικροβιολογικές εξετάσεις. Συμπερασματικά, μειώνεται ο κίνδυνος μόλυνσης, είναι ατραυματική και ανώδυνη μέθοδος και παρέχει γρήγορα αποτελέσματα για την ταχύτερη θεραπεία του νεογνού.

Εικόνα 2.2

Συσκευή διαδερματικής μέτρησης χολερυθρίνης στα νεογνά της Philips.



Πηγή : <http://www.usa.philips.com/healthcare>

Σύμφωνα με μελέτη της Παιδιατρικής Κλινικής του Νοσοκομείου του Βόλου η οποία διεξήχθη το 2016, έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων της μέτρησης της χολερυθρίνης, διαδερμικά και αναίμακτα, χρησιμοποιώντας τη συσκευή BiliCheck, σε σχέση με την τριχοειδική μέθοδο και η αξιόπιστη υιοθέτηση αυτής της μεθόδου. Συμπεριλήφθηκαν όλες οι μετρήσεις της χολερυθρίνης που έγιναν στο χρονικό διάστημα από 25/01/2016 έως 18/02/2016 στα νεογνά της μαιευτικής κλινικής του νοσοκομείου. Λόγω της μικρής διαφοράς στις μετρήσεις των τιμών σε συνδυασμό με τη θετική συσχέτιση των δύο μεθόδων, η διαδερμική μπορεί να χρησιμοποιηθεί και να υιοθετηθεί ως εναλλακτική, αναίμακτη μέθοδος μέτρησης της νεογνικής χολερυθρίνης, σε καθημερινή βάση και μάλιστα στα νεογνά που χρήζουν συχνών μετρήσεων, εξαιτίας υψηλών τιμών χολερυθρίνης (ΕΛΕΝΗ ΑΤΜΑΤΖΙΔΟΥ, ΚΥΡΙΑΚΗ ΒΕΛΑΛΗ, ΜΑΡΙΑ ΓΙΑΝΝΙΚΗ, ΕΛΕΝΗ ΚΟΥΦΟΓΛΟΥ, ΣΟΦΙΑ ΔΗΜΗΤΡΑ ΜΠΑΜΠΑΛΙΤΣΑ, ΑΘΑΝΑΣΙΑ ΣΤΕΛΙΑΝΙΔΗ, ΜΑΡΙΑ ΛΑΜΠΡΗ, ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΒΛΑΧΟΠΟΥΛΟΣ, ΡΕΝΑΤΑ ΜΙΤΩΒΑ, ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ-ΚΑΤΣΙΑΡΔΑΝΗ. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΤΡΙΧΟΕΙΔΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΧΟΛΕΡΥΘΡΙΝΗΣ ΣΤΑ ΝΕΟΓΝΑ: Η ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΤΗΣ ΚΛΙΝΙΚΗΣ ΜΑΣ, 54ο Πανελλήνιο Παιδιατρικό Συνέδριο 2016)

2.6 Μελέτη περίπτωσης της φαρμακογονιδιοματικής στην κλινική πράξη

2.6.1 Γενικά

Είναι γεγονός αναμφισβήτητο ότι οι πρόσφατες εξελίξεις των γονιδιακών τεχνολογιών τόσο στο χώρο της ανάπτυξης νέων φαρμάκων όσο και της φαρμακευτικής αγωγής έχουν διαμορφώσει νέα δεδομένα για την παροχή ιατρικών υπηρεσιών σε διεθνές επίπεδο. Συγκεκριμένα, οδηγούν στην εισαγωγή καινοτόμων φαρμάκων στη θεραπευτική και στην αξιοποίηση γενετικών πληροφοριών που βελτιώνουν τόσο το επίπεδο πρόγνωσης και διάγνωσης ασθενειών, όσο όμως και την αποτελεσματικότητα και ασφάλεια των φαρμάκων στην κλινική πράξη. Ιδιαίτερα μάλιστα, όταν αυτό το γεγονός αφορά την εξατομίκευση ιατρικών πρακτικών με στόχο τη μέγιστη ακρίβεια της θεραπευτικής και της παρεχόμενης περίθαλψης του συνόλου του πληθυσμού σε παγκόσμιο επίπεδο.

Μία σημαντική πρόκληση που αντιμετωπίζει η σύγχρονη ιατρική είναι η μέτρηση της αποτελεσματικότητας των φαρμακευτικών αγωγών σε ατομικό επίπεδο. Πιο συγκεκριμένα, έχουν καταγραφεί πολλά περιστατικά θανάτου από παρενέργειες των φαρμάκων αλλά και διαφορετική αποτελεσματικότητα των φαρμάκων με βάση τον ασθενών. Αυτό το γεγονός είναι ιδιαίτερα έντονο σε ογκολογικά περιστατικά. Ως εκ τούτου προέκυψε η ανάγκη για συσχέτισμό των φαρμακευτικών αγωγών με την μελέτη του γονότυπου κάθε ασθενούς. Με βάση λοιπόν αυτό το γεγονός απαιτούνται προσαρμογές στο σύστημα περίθαλψης που αφορούν τη δομή, οργάνωση και παροχή ιατρικών υπηρεσιών, την εκπαίδευση των επιστημόνων υγείας, το χώρο της φαρμακοεπαγρύπνησης, αλλά και την ίδια την ενημέρωση των ασθενών (<https://www.genome.gov>).

Η φαρμακευτική βιοτεχνολογία έχει προσφέρει τα τελευταία χρόνια νέα δεδομένα σε όλους σχεδόν τους τομείς του φαρμάκου, (σχεδίαση, ανάπτυξη, μορφοποίηση, ανάλυση, χορήγηση), με συνέπεια την εκμετάλλευσή τους για πιο πρωτοποριακά, εξειδικευμένα, αποτελεσματικότερα και ασφαλέστερα φάρμακα. Ιστορικά, τα βιοφάρμακα πρωτεϊνικής φύσης κατέχουν την πρώτη θέση σ' αυτόν τον κατάλογο, ενώ η εξέλιξη που επιτελείται στο επίπεδο της γονιδιακής θεραπείας, της χρήσης των "μικροπλακών DNA" (DNA chips) για τον έλεγχο της γονιδιακής έκφρασης στους

διάφορους οργανισμούς, της ανάπτυξης και εφαρμογής πρωτοκόλλων κυτταρικών θεραπειών, καθώς επίσης και της χρησιμοποίησης καινοτόμων θεραπευτικών στοχευμένης φαρμακολογικής δράσης συμπεριλαμβανομένων των ολιγονουκλεοτιδίων και των ριβοζυμών (μικρά μόρια RNA με καταλυτικές ιδιότητες) για θεραπευτικούς σκοπούς, ανοίγει νέους ορίζοντες στο φαρμακευτικό και ιατρικό χώρο. Επιπρόσθετα, οι βασικές αρχές που διέπουν σήμερα την επιλογή φαρμάκων στη σύγχρονη θεραπευτική στηρίζονται στις υπάρχουσες γνώσεις της μοριακής φαρμακολογίας και παθοφυσιολογίας για τη δράση των φαρμάκων στον οργανισμό, ενώ, με την ανάπτυξη της φαρμακογονιδιωματικής, δίνεται η δυνατότητα ανάλυσης του φαινομένου της διαφορετικής φαρμακολογικής απόκρισης μεταξύ των ασθενών, της εμφάνισης ανεπιθύμητων ενεργειών (ADRs) και αλληλεπιδράσεων των φαρμάκων, καθώς επίσης και της συσχέτισης του γενετικού πολυμορφισμού συγκεκριμένων γονιδίων με τη δράση των φαρμάκων στον οργανισμό.

2.6.2 Φαρμακογονιδιωματική, φαρμακευτική αγωγή και ασφάλεια φαρμάκων

Η πρώτη κατεύθυνση έχει προσφέρει νέα δεδομένα σ' όλους σχεδόν τους τομείς του φαρμάκου, (σχεδίαση, ανάπτυξη, μορφοποίηση, ανάλυση, χορήγηση), με συνέπεια την εκμετάλλευσή τους για νέα καινοτόμα φάρμακα. Αντίστοιχα, η φαρμακογονιδιωματική, συνδυάζοντας νέες τεχνολογίες και επιστημονικές γνώσεις, προσφέρει νέες ευκαιρίες τόσο στην ανάλυση του μηχανισμού δράσης των φαρμάκων σε μοριακό επίπεδο, όσο και στη χορήγηση των φαρμάκων στη θεραπευτική. Ουσιαστικά, συνδέει τη φαρμακολογία με τους νέους τομείς της γονιδιωματικής, της βιοπληροφορικής, και της πρωτεϊνωματικής. Ο τελικός στόχος αυτής της προσέγγισης είναι η εξατομίκευση των δοσολογικών σχημάτων μέσα από τη διευκρίνηση και την κατανόηση των μοριακών μηχανισμών που οδηγούν σε διαφορετικό φαρμακολογικό αποτέλεσμα και την εμφάνιση των ανεπιθύμητων ενεργειών στην κλινική πράξη (Vizirianakis, LS. (2002). Pharmaceutical education in the wake of genomic technologies in drug development and personalized medicine. Eur. J. Pharm. Sci, 15: 243-250).

Για να υπάρξει όμως η πλήρης ενσωμάτωση και η εκμετάλλευση των γενετικών γνώσεων που αφορούν τα φάρμακα στη θεραπευτική, θα πρέπει πρώτα να καθιερωθούν κατάλληλες συνθήκες λειτουργίας στο υγειονομικό σύστημα, να διευκρινιστούν νομικά

και ηθικά ζητήματα, να εκπαιδευτεί κατάλληλα το ιατρικό, φαρμακευτικό και νοσηλευτικό προσωπικό, και τέλος, να ενημερωθεί η κοινή γνώμη για τις επιπτώσεις των γενετικών ελέγχων στη φαρμακευτική αγωγή και στην ιατρική πρακτική.

Η φαρμακογονιδιωματική συνδυάζοντας νέες τεχνολογίες και επιστημονικές γνώσεις προσφέρει νέες δυνατότητες ανάλυσης του μηχανισμού δράσης των φαρμάκων σε μοριακό επίπεδο. Στοχεύει έτσι στην ασφαλέστερη χορήγηση των φαρμάκων για την επίτευξη του μέγιστου φαρμακολογικού αποτελέσματος και ασφάλειας. Με αυτόν τον τρόπο αναμένεται να ελαχιστοποιηθεί και η πιθανότητα εμφάνισης ανεπιθύμητων ενεργειών (ADRs) λόγω φαρμακευτικής αλληλεπίδρασης, αφού η εμφάνιση των ADRs αποτελεί ένα αρνητικό παράγοντα για την επίτευξη του βέλτιστου θεραπευτικού αποτελέσματος. Το τελευταίο, είναι ιδιαίτερα σημαντικό στις μέρες μας όπου η συγχορήγηση αρκετών φαρμάκων είναι η καθιερωμένη ιατρική πρακτική στη στιγμιογράφηση φαρμάκων με αποτέλεσμα την αυξημένη πιθανότητα ανάπτυξης ADRs εξαιτίας των φαρμακευτικών αλληλεπιδράσεων (Vizirianakis LS. (2004). Challenges in current drug delivery from the potential application of pharmacogenomics and personalized medicine in clinical practice. *Curr. DrugDeliv*, 1: 73-80).

Πράγματι, η ανάλυση των δεδομένων φαρμακοεπαγρύπνησης δείχνει ότι αρκετές ADRs αφορούν αλληλεπιδράσεις μεταξύ φαρμάκων, ενώ τα τελευταία χρόνια και οι αλληλεπιδράσεις φαρμάκων-τροφίμων ή φαρμάκων-φυτοθεραπευτικών αποκτούν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Η φαρμακογονιδιωματική προσέγγιση έχει σημαντικά επηρεάσει τον τομέα της ανάπτυξης νέων φαρμάκων, ενώ και η εφαρμογή των μοριακών διαγνωστικών επιτρέπει την εξατομίκευση της παρεχόμενης περίθαλψης που αναμφισβήτητα οδηγεί και στη βελτίωση της φαρμακευτικής αγωγής. Βασικό συστατικό όμως επίτευξης αυτού του στόχου αποτελεί η δημιουργία της κατάλληλης υποδομής και η εκπαίδευση του ανθρώπινου δυναμικού μέσα από την αναβάθμιση και την ανάπτυξη νέας εκπαιδευτικής μεθοδολογίας στην οργάνωση των προγραμμάτων σπουδών. Με αυτόν τον τρόπο η κλινική αξιολόγηση και η αξιοποίηση των φαρμακογονιδιωματικών πληροφοριών μπορεί να επιτευχθεί και να οδηγήσει σε βελτιωμένα πρωτόκολλα φαρμακευτικής αγωγής, στοιχείο σημαντικό για το σύστημα περίθαλψης και την ποιότητα ζωής των ασθενών γενικότερα.

Η πρόσφατη έγκριση από τον Αμερικανικό Οργανισμό Φαρμάκων και Τροφίμων (FDA), αλλά και από αντίστοιχο Ευρωπαϊκό (EMA), των πρώτων φαρμακογονιδιωματικών τεστ καθώς και η δημοσιοποίηση της οδηγίας για τη

βιομηχανία σχετικά με την κατάθεση των φαρμακογονιδιωματικών δεδομένων για την ανάπτυξη νέων φαρμάκων, δείχνουν εύγλωττα αυτήν τη νέα στροφή που έχει ήδη υπάρξει στη φαρμακευτική έρευνα και περίθαλψη. Οι εξελίξεις αυτές σηματοδοτούν μια νέα εποχή στο χώρο της φαρμακολογίας και της θεραπευτικής, δίνοντας μια νέα διάσταση στη φαρμακευτική αγωγή με την εξατομίκευση των δοσολογικών σχημάτων στην κλινική πράξη. Αυτό το γεγονός συνακόλουθα, επηρεάζει τόσο τον τομέα φαρμακοεπαγρύπνησης (καταγραφή, ανάλυση, αξιοποίηση των ADRs μετά την έγκριση κυκλοφορίας των φαρμάκων) και την δομή-οργάνωση των συστημάτων περίθαλψης, όσο και την εκπαίδευση των υγειονομικών σ' αυτές τις σύγχρονες τάσεις (Vizirianakis, LS. (2002). Pharmaceutical education in the wake of genomic technologies in drug development and personalized medicine. Eur. J. Pharm. Sci, 15: 243-250).

2.6.3 Η εξατομικευμένη θεραπεία ως μελλοντική κλινική πράξη

Για να εφαρμοστεί η εξατομικευμένη θεραπεία ως κλινική πράξη μέσω της φαρμακογονιδιωματικής και της φαρμακογενετικής πρέπει να επέλθουν κάποιες ουσιαστικές αλλαγές. Είναι σημαντική η ενημέρωση των ασθενών με εύκολο, συνεχή και αξιόπιστο τρόπο για τα επιστημονικά δεδομένα που σχετίζονται με συγκεκριμένες ασθένειες και φαρμακευτική αγωγή. Επίσης, προς την ίδια κατεύθυνση απαιτείται η χρήση κατάλληλων φυλλαδίων διαθέσιμων σε υγειονομικούς χώρους-φαρμακεία και η δημιουργία ειδικά σχεδιασμένων ιστοσελίδων παροχής κατάλληλα επεξεργασμένων γνώσεων σε διαδικτυακές καταχωρήσεις κρατικών και ιδιωτικών υγειονομικών μονάδων.

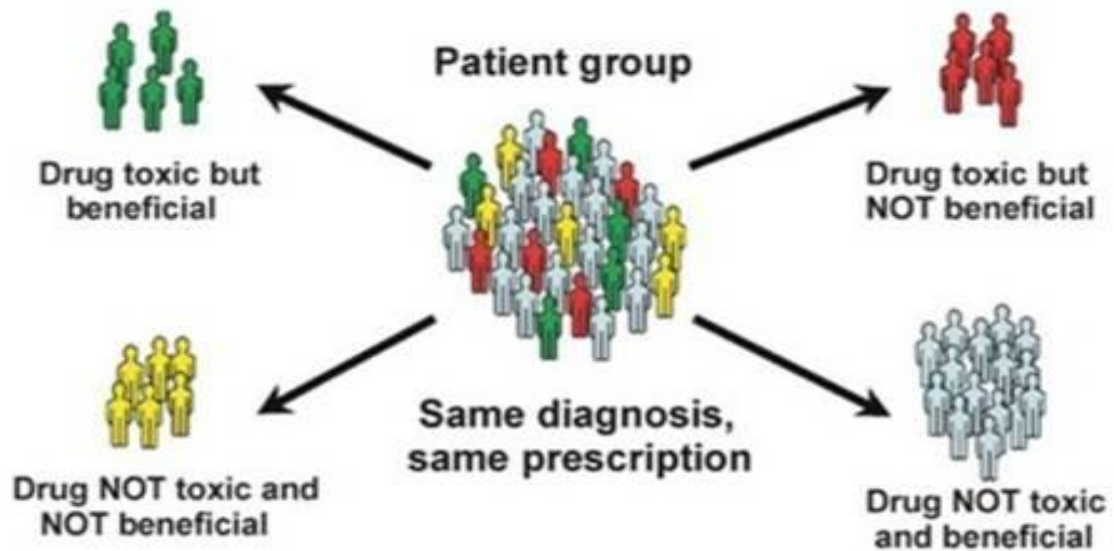
Η εκπαίδευση των επαγγελματιών υγείας σε πανεπιστημιακό επίπεδο, αλλά και σε προγράμματα συνεχούς επαγγελματικής επιμόρφωσης, αναμένεται να διαμορφώσει ένα ισχυρό κίνητρο σωστής εφαρμογής εξατομικευμένων ιατρικών υπηρεσιών. Η αξιοποίηση διαδικτυακών τόπων και συστημάτων πληροφορικής μπορεί να αποτελέσει ένα προσιτό και εφαρμόσιμο τρόπο υλοποίησης τέτοιων προσπαθειών. Τα προαναφερθέντα θα οδηγήσουν σε βελτιωμένη αξιοποίηση των δημιουργούμενων υποδομών του χώρου της υγείας. Η δημιουργία βάσεων φαρμακοεπαγρύπνησης και η καταγραφή ανεπιθύμητων ενεργειών των φαρμάκων (ADRs) είναι απαραίτητη για να επιτρέψει την καλύτερη ανάλυση και αξιοποίηση αυτών των πληροφοριών με τελικό

αποτέλεσμα την ενίσχυση της ασφάλειας των φαρμάκων. Παράλληλα, η εύκολη δημόσια πρόσβαση αυτών των δεδομένων θα ενισχύσει την αξιοπιστία του συστήματος. Η διεπιστημονική συνεργασία των επιστημόνων υγείας με εξειδικευμένους επιστήμονες πληροφορικής/βιοστατιστικής είναι ένας σημαντικός παράγοντας εγγύησης της καλύτερης λειτουργίας του υγειονομικού συστήματος με σημαντικές θετικές επιδράσεις στη παροχή σύγχρονων εξατομικευμένων ιατρικών υπηρεσιών.

Εκτός των άλλων πρέπει να δημιουργηθούν νέες ευέλικτες δομές για την υποβοήθηση εφαρμογής των νέων τεχνολογικών δεδομένων και πληροφοριών ιατρικής και φαρμακευτικής σημασίας, και τον έλεγχο αποτελεσματικότητας. Η ενίσχυση των επιστημονικών προσπαθειών που αφορούν ερευνητικές προσπάθειες αξιοποίησης γενετικών πληροφοριών στην κλινική πράξη και η δημιουργία αντίστοιχων ιδρυμάτων (foundations) προς αυτήν την κατεύθυνση (Vizirianakis, LS. (2005). Improving pharmacotherapy outcomes by pharmacogenomics: from expectation to reality? *Pharmacogenomics*, 6: 701-71).

Οι προτάσεις που προηγήθηκαν είναι προς την κατεύθυνση ενίσχυσης της ακρίβειας στη διάγνωση/πρόγνωση ασθενειών αλλά και της ασφάλειας και αποτελεσματικότητας των φαρμάκων, έτσι ώστε να είναι δυνατή η εξατομίκευση της θεραπείας και της διάγνωσης στην κλινική πράξη. Η εφαρμογή της φαρμακογονιδιοματικής στην κλινική πράξη έχει δημιουργήσει μεγάλες προσδοκίες στον ιατρικό κλάδο αλλά ακόμα και σήμερα, παρά τα μεγάλα βήματα που έχουν γίνει, δεν υπάρχουν αποτελέσματα στον βαθμό που ήταν αναμενόμενο. Σε κάποιες περιπτώσεις γίνεται εφαρμογή των γενετικών τεστ ειδικά σήμερα που η γονοτύπηση του ανθρώπινου γονιδιώματος είναι εφικτή και συμφέρουσα. Βέβαια, επειδή ο κλάδος της φαρμακογονιδιοματικής και γενικότερα της γενετικής ιατρικής απαιτεί την συνεννόηση και συνεργασία πολλών διαφορετικών επιστημονικών τομέων, είναι δύσκολο να εφαρμοστεί άμεσα. Επίσης, είναι σημαντικό να ξεπεραστούν ηθικά και νομικά ζητήματα που εγείρουν οι συγκεκριμένοι κλάδοι. Τέλος, είναι σημαντικό να αξιολογηθούν ως προς την αποτελεσματικότητα με βάση το κόστος τους, οι εφαρμογές της γενετικής ιατρικής. Σε αρκετές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε ακαδημαϊκό-ερευνητικό επίπεδο, οι εφαρμογές αυτές δεν είναι πιο συμφέρουσες σε σχέση με κλασσικές ιατρικές μεθόδους. Αυτός είναι ίσως ο πιο σημαντικός παράγοντας σε επίπεδο εφαρμογής καθώς συνδέεται με την μορφή κάθε συστήματος υγείας (Vizirianakis, LS. (2007). From defining bioinformatics and

pharmacogenomics to developing information based medicine and pharmacotyping in healthcare. In: "Pharmaceutical Biotechnology Handbook", Gad S.C. (Ed.), John Wiley & Sons, Inc., New York. In press) .



Πηγή : www.prenetics.com

Διάγραμμα 2.4

Διάγραμμα το οποίο απεικονίζει την διαφορετική ανταπόκριση ενός πληθυσμού στην ίδια φαρμακευτική ουσία.

2.7 Ανακεφαλαίωση

Στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν νέες ιατρικές τεχνολογίες που σηματοδότησαν την είσοδο της ιατρικής στον 21^ο αιώνα. Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, έγινε στόχευση σε εφαρμογές οι οποίες αφορούν κυρίως τον ιατρο-επαγγελματία υγείας και την πιο αποδοτική άσκηση της κλινικής πράξης. Βέβαια, όπως γίνεται αντιληπτό, τα οφέλη έχουν διττό χαρακτήρα καθώς αφορούν και τον ασθενή και την λιγότερο επώδυνη διαδικασία που ασκείται στον ίδιο.

Από την ανάλυση των συγκεκριμένων τεχνολογιών, συμπεραίνουμε ότι ο γνώμονας της τεχνολογικής εξέλιξης στην ιατρική είναι η βελτιστοποίηση του ιατρικού αποτελέσματος και η εξοικονόμηση χρόνου, μιας παραμέτρου που είναι ιδιαίτερα σημαντική στην ιατρική.

Οι συγκεκριμένες τεχνολογίες εφαρμόζονται σήμερα αλλά είναι κοινώς αποδεκτό ότι δεν έχουν ακόμα την εφαρμογή στο βαθμό που απαιτούν οι σύγχρονες ανάγκες. Αυτό το γεγονός συνδέεται με πολλούς παράγοντες εκ των οποίων οι δύο πιο σημαντικοί είναι το κόστος και η έλλειψη επαρκούς εκπαίδευσης των επαγγελματιών υγείας.

Είναι σημαντικό να προηγείται η αξιολόγηση κάθε εφαρμογής και να γίνεται σύγκριση αποδοτικότητας με τις υπάρχουσες κλασσικές μεθόδους.

Οι συγκεκριμένες τεχνολογίες έχουν δημιουργήσει πολλές προσδοκίες για την βελτιστοποίηση της ιατρικής επιστήμης και την βελτιστοποίηση της ποιότητας ζωής των ασθενών. Επίσης, πρέπει να επισημανθεί ότι η ιατρική τεχνολογία πολλές φορές εξελίσσεται παράλληλα με άλλες επιστήμες και τεχνολογικούς τομείς. Αρκετά επιτεύγματα που προορίζονταν για άλλους επιστημονικούς τομείς τελικά χρησιμοποιήθηκαν στην ιατρική. Τέλος, παρατηρείται μεγάλος συνδυασμός διαφορετικών τομέων όπως είναι η φυσική, η πληροφορική, η μηχανική, οι τηλεπικοινωνίες, η χημεία και άλλες.

Οι επενδύσεις των εταιρειών που δραστηριοποιούνται στον τομέα της ιατρικής τεχνολογίας, συμπεριλαμβανομένων των φαρμακευτικών εταιρειών, διαρκώς αυξάνονται και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τον καθημερινό εμπλουτισμό των διαθέσιμων νέων εφαρμογών καθώς και την βελτίωση των υφισταμένων εφαρμογών και πρακτικών. Σημαντικός μοχλός ανάπτυξης είναι και η ακαδημαϊκή έρευνα η οποία πολλές φορές χρηματοδοτείται από ιδιωτικές εταιρείες. Η ιατρική τεχνολογία απορροφά πολλούς πόρους, κυρίως οικονομικούς και ανθρώπινους, γεγονός που αποδεικνύει την μεγάλη χρησιμότητα αυτού του κλάδου καθώς η ανάπτυξη του συνεπάγεται αύξηση του προσδόκιμου και της ποιότητας ζωής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΟΤΗΤΑ ΤΩΝ

ΑΣΘΕΝΩΝ : ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ

3.1 Εισαγωγή

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζονται και αναλύονται νέες ιατρικές τεχνολογίες οι οποίες χρησιμοποιούνται από τους ασθενείς προς διευκόλυνση της καθημερινότητάς τους. Όπως συζητήθηκε και στο δεύτερο κεφάλαιο, η κατηγοριοποίηση των τεχνολογιών, η οποία ακολουθήθηκε στην συγγραφή της εργασίας, περιλαμβάνει τις τεχνολογίες και τις εφαρμογές που χρησιμοποιούνται στην κλινική πράξη προς εξυπηρέτηση των επαγγελματιών υγείας και στις τεχνολογίες οι οποίες χρησιμοποιούνται από τον ίδιο τον ασθενή για την βελτίωση της καθημερινότητάς του και την αποκατάστασή του.

Πολλές ιατρικές τεχνολογίες έχουν ισοδύναμα οφέλη και στην κλινική πράξη και στην αποκατάσταση του ασθενούς, όπως είναι η τηλεϊατρική, η οποία υποστηρίζει το έργο ενός αγροτικού ιατρού σε ένα ακριτικό νησί, αλλά και τον ασθενή ο οποίος δεν έχει τη δυνατότητα πρόσβασης σε ένα εξοπλισμένο νοσοκομειακό ίδρυμα.

Σε επίπεδο ασθενούς, η ιατροτεχνολογική εξέλιξη βρίσκεται σε ιδιαίτερα αυξημένο επίπεδο καθώς επενδύονται διαρκώς πολλοί πόροι. Η υποστήριξη του ασθενούς είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό κομμάτι της υγείας του καθώς τον ακολουθεί στην καθημερινότητά του, πολλές φορές εφ' όρου ζωής, όπως στην περίπτωση παραπληγικών ή διαβητικών τύπου 1 ασθενών. Σε τέτοιες περιπτώσεις δεν είναι δυνατή η συνεχής παρουσία του ασθενούς σε νοσοκομειακή μονάδα, οπότε πρέπει να αντισταθμίζεται αυτή η αδυναμία από τεχνολογική υποστήριξη του ασθενούς στην οικία του και τις καθημερινές δραστηριότητές του. Η σημασία αυτών των τεχνολογιών είναι πολλή μεγάλη καθώς μειώνει την εξάρτηση του ασθενούς από τον ιατρό και το νοσοκομείο. Τέλος, αυτές η σύγχρονη τεχνολογία, εκμεταλλευόμενη τις δυνατότητες της κινητής τηλεφωνίας μπορεί να λειτουργήσει ευεργετικά και σε επίπεδο πρόληψης. Στην συνέχεια θα αναφερθούν και θα αναλυθούν κάποια σύγχρονα τεχνολογικά επιτεύγματα προς αυτή την κατεύθυνση.

3.2 Μελέτη περίπτωσης εφαρμογών κινητής τηλεφωνίας (mobile applications) για τον έλεγχο της υγείας του ασθενούς

Χιλιάδες είναι πλέον στις μέρες μας οι εφαρμογές (mobile apps) των smartphones και tablets για την υγεία, που διατίθενται μέσω ηλεκτρονικών καταστημάτων όπως το Google Play και το AppleStore, οι οποίες προορίζονται κατά κύριο λόγο για τη μέτρηση και καταγραφή ορισμένων βιοδεικτών των χρηστών, αλλά στις περισσότερες φορές είναι αμφιβόλου ποιότητας και αξιοπιστίας. Ο FDA (αμερικανικός Οργανισμός Τροφίμων και Φαρμάκων) δημιούργησε ένα νέο τμήμα το οποίο εξετάζει και αξιολογεί ορισμένες κατηγορίες αντίστοιχων εφαρμογών. Αυτό το γεγονός αποδεικνύει την διαρκώς αυξανόμενη ένταξη των εφαρμογών στην καθημερινότητα των πολιτών και ιδιαίτερα των ασθενών.

Ο όρος «e-health» ή αλλιώς «ηλεκτρονική υγεία» εισήχθη το 1999 για να περιγράψει μια ποικιλία από εργαλεία που στηρίζονται στις τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών και χρησιμοποιούνται για την πρόληψη, τη διάγνωση, τη θεραπευτική αντιμετώπιση αλλά και την παρακολούθηση της υγείας των ασθενών. Οι εφαρμογές της ηλεκτρονικής υγείας διευκολύνουν την άσκηση της ιατρικής πράξης, προάγουν την επικοινωνία ιατρού-ασθενή και βοηθούν τη διάγνωση. Πολύ γνωστές εφαρμογές του e-health, που έφεραν επανάσταση στο χώρο της Υγείας, είναι οι υπηρεσίες τηλεϊατρικής, τα ηλεκτρονικά μητρώα υγείας, τα συστήματα διαχείρισης χρόνιων πασχόντων, τα πληροφοριακά συστήματα των νοσοκομείων (ERPs) καθώς και τα συστήματα τηλεφροντίδας των ασθενών. Οι εφαρμογές που παρέχονται μέσω των έξυπνων κινητών τηλεφώνων και αφορούν την υγεία, ευνοούν την αμεσότερη συμμετοχή των ασθενών και των επαγγελματιών υγείας στην περίθαλψη. Οι εφαρμογές αυτές ταξινομούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Η μια κατηγορία αφορά εφαρμογές που έχουν ενημερωτικό χαρακτήρα, δηλαδή παρέχουν πληροφορίες στο χρήστη σχετικά με θέματα υγείας, επιτρέποντάς του να διαβάσει, να συγκεντρώσει πόρους για τη λήψη αποφάσεων, αλλά και να εισάγει δικά του δεδομένα. Οι εφαρμογές αυτές χρησιμοποιούνται κυρίως από επαγγελματίες υγείας. Η δεύτερη μεγάλη κατηγορία εφαρμογών αφορά αυτές που σχετίζονται με λογισμικό το οποίο βελτιώνει τη διάγνωση, τη θεραπεία και τη λήψη αποφάσεων για διάφορα θέματα που αφορούν την υγεία. Οι εφαρμογές της δεύτερης κατηγορίας λειτουργούν πολλές φορές ως σύμβουλοι

υγείας (The world in 2010: ICT facts and figures. Geneva, International Telecommunications Union, 2010).

Οι εφαρμογές που διατίθενται μέσω των έξυπνων κινητών τηλεφώνων, μέσω των οποίων επωφελούνται οι ασθενείς, αφορούν κυρίως εφαρμογές διαχείρισης χρόνιων παθήσεων (όπως είναι ο διαβήτης, οι καρδιαγγειακές και πνευμονικές παθήσεις). Ενδεικτικά, η εφαρμογή Cardio mobile είναι ένα σύστημα παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο της καρδιακής κατάστασης το οποίο βασίζεται στην άσκηση. Τα δεδομένα στέλνονται από το κινητό σε έναν διακομιστή για την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο της άσκησης από ειδικούς επιστήμονες. Η εφαρμογή αυτή είναι χρήσιμη για ασθενείς με καρδιολογικά προβλήματα, των οποίων η πρόσβαση σε νοσοκομεία και γιατρούς είναι δύσκολη. Η εφαρμογή Pulmonary Rehabilitation είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε ασθενείς με χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ). Πρόκειται για εφαρμογή που στηρίζεται στη χρήση ενός αισθητήρα που λειτουργεί ως παλμικό οξύμετρο, το οποίο συνδέεται με το κινητό μέσω τεχνολογίας Bluetooth και καταγράφει τον καρδιακό ρυθμό και τον κορεσμό του αίματος σε οξυγόνο κατά τη διάρκεια της άσκησης. Η χρήση της κινητής πλατφόρμας επιτρέπει στους χρήστες να χρησιμοποιήσουν μια τεχνολογία στην οποία είναι εξοικειωμένοι, εγκαταλείποντας το σπίτι για να ασκηθούν. Επίσης, διατίθενται εφαρμογές για πληθώρα άλλων χρόνιων νόσων όπως είναι το άσθμα και κυρίως το παιδικό άσθμα και η υπνική άπνοια (Sleep Aid).

Οι εφαρμογές αυτές συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών υγείας και αποτελούν σημαντικό εργαλείο στην καθημερινότητα του χρήστη. Παρά τα θετικά αποτελέσματα που παρέχει η χρήση ενός έξυπνου κινητού στον χώρο της υγείας, δεν θα πρέπει να ξεχνά κανείς και τα προβλήματα που προκύπτουν. Η απροβλημάτιστη χρήση αυτών των εφαρμογών προϋποθέτει και απαιτεί την συνεχή αξιολόγηση τους. Συχνά οι χρήστες αναφέρουν ότι δυσκολεύονται να χρησιμοποιήσουν τις εφαρμογές των κινητών τους είτε λόγω έλλειψης χρόνου είτε επειδή ξεχνούν (Baggott et al 2012). Επιπροσθέτως, αρκετοί κάτοχοι έξυπνων κινητών δεν έχουν συνεχή πρόσβαση στο διαδίκτυο. Οι επαγγελματίες υγείας και οι ασθενείς μπορούν να εντάξουν τις εφαρμογές που αναπτύχθηκαν για την υγεία, στην καθημερινότητά τους. Για να επιτευχθεί ο στόχος αυτός χρειάζεται ενημέρωση των υποψήφιων χρηστών σχετικά με τις δυνατότητες που τους παρέχουν αυτές οι εφαρμογές, αλλά και εξοικείωση με το περιβάλλον λειτουργίας των εφαρμογών.

Τέλος, η πολιτεία, όσον αφορά στις δημόσιες δομές υγείας, αλλά και η ηγεσία του χώρου της υγείας σε ιδιωτικούς οργανισμούς θα πρέπει να προωθούν τη χρήση τέτοιων εφαρμογών, με στόχο τη γρήγορη διακίνηση πληροφοριών, την καλύτερη παρακολούθηση των ασθενών, την ταχύτερη ενημέρωση του προσωπικού σχετικά με τις νεότερες επιστημονικές εξελίξεις. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να βελτιωθεί η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών, μειώνοντας παράλληλα και το κόστος των υπηρεσιών υγείας (Atun RA, Mohan A. Uses and benefits of SMS in healthcare delivery. London, Imperial College London, 2005). Ένα βασικό μειονέκτημα αυτών των εφαρμογών είναι η πιθανή κυριαρχία τους λόγω της δυναμικής που αναπτύσσει η κινητή τηλεφωνία, η οποία μπορεί να οδηγήσει στην αντικατάσταση της κλινικής και εργαστηριακής εξέτασης. Επίσης, πρέπει να συνυπολογίζεται ότι αυτές οι εφαρμογές σχεδιάζονται με βάση επιδημιολογικά στοιχεία τα οποία αποτυπώνουν τον μέσο όρο του πληθυσμού και έτσι χάνεται το στοιχείο της ιατρικής εξατομίκευσης (Kaplan WA. Can the ubiquitous power of mobile phones be used to improve health outcomes in developing countries? Globalization and Health, 2006, 2(9)).

Εικόνα 3.1

Το περιβάλλον της εφαρμογής Clue, η οποία επιτρέπει στις γυναίκες να παρακολουθούν τον κύκλο της έμμηνης ρύσης.



Πηγή : www.dailymail.co.uk

3.3 Μελέτη περίπτωσης του εξωσκελετού για την αποκατάσταση των παραπληγικών

Αν και δεν υπάρχει ακόμα τρόπος να αποκατασταθούν οι σωματικές βλάβες που προκαλούν παραπληγία, υπάρχουν συσκευές που μπορούν να σηκώσουν όρθιους τους ασθενείς και να τους βοηθήσουν να ζήσουν μια όσο το δυνατόν φυσιολογική ζωή. Ο FDA έχει εγκρίνει μια τέτοια συσκευή η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κλινικές αποκατάστασης και δημόσιους χώρους από τον ασθενή. Αυτή η συσκευή ονομάζεται ReWalk (<http://www.rewalk.com>).

Εικόνα 3.2

Ο εξωσκελετός ReWalk 6.0.



Πηγή : www.rewalk.com

Ο εξωσκελετός προσαρμόζεται στη μέση και στα πόδια του ασθενούς και είναι σχεδιασμένος ώστε να κρατά το βάρος και του ανθρώπου και το δικό του. Ο

εξωσκελετός λαμβάνει εντολές και εκτελεί κινήσεις όπως περπάτημα, κάθισμα ή απλώς όρθια στάση. Η αυτονομία του είναι τέσσερις ώρες με συνεχή αδιάκοπη χρήση. Ο χρήστης δεν είναι πια καθηλωμένος στο καροτσάκι, η ψυχολογία του βελτιώνεται, αποκτά αυτονομία κίνησης και λειτουργεί πολύ καλύτερα στην καθημερινότητά του. Το μειονέκτημά του είναι το υψηλό κόστος του (70000 δολάρια στις Η.Π.Α.) το οποίο δεν καλύπτεται από ασφαλιστικούς οργανισμούς. Βέβαια, η εταιρεία ανάπτυξης και παραγωγής του είναι σε συζητήσεις με ιδιωτικές ασφαλιστικές εταιρείες στο εξωτερικό για την κάλυψη μέρους του ποσού αγοράς καθώς θα επιφέρει οικονομικά οφέλη στις εταιρείες αφού θα μειώσει τα έξοδα φαρμακευτικής αγωγής και των επιπλοκών από τη συνεχή χρήση αναπηρικού καροτσιού.

3.4 Μελέτη περίπτωσης της αντλίας έγχυσης ινσουλίνης για διαβητικούς

Η αντλία ινσουλίνης είναι μία μικρή συσκευή, η οποία περιέχει ινσουλίνη, την οποία τοποθετεί ο άρρωστος μόνος του. Η ινσουλίνη εγχύεται ανάλογα με το πρόγραμμα, που έχει καθορίσει και υποδείξει ο ιατρός στον ασθενή. Δηλαδή χορηγείται η ινσουλίνη αυτή σε μία βασική τιμή, δηλαδή βγάζει το μηχανήμα ινσουλίνη καθόλη τη διάρκεια του 24ώρου, απειροελάχιστες μονάδες 0,1 μονάδα ανά ώρα. Κατά την ώρα του φαγητού, ο ασθενής θα πρέπει να πατήσει το ειδικό κουμπί της συσκευής, ούτως ώστε να βγάλει μεγαλύτερη ποσότητα ινσουλίνης για να μπορεί να καλύψει το φαγητό. Η αντλία της εγχύσεως μπορεί να αναγεμίζεται δηλαδή να το γεμίσει ο ίδιος ο ασθενής με μία σύριγγα ανάλογα με την ινσουλίνη που χρειάζεται. Συνήθως η αυτονομία του μηχανήματος διαρκεί 4-5 μέρες. Η βελόνα έγχυσης τοποθετείται στο κοιλιακό τοίχωμα. Το ιδανικό θα ήταν η συσκευή ή η ινσουλίνη να εκχύεται ανάλογα με την τιμή του σακχάρου του αίματος. Κάτι τέτοιο συμβαίνει βεβαίως με το τεχνητό πάγκρεας. Είναι γνωστό ότι τρεις συσκευές τεχνητού παγκρέατος διαθέτει μόνο η Πανεπιστημιακή κλινική του Ευαγγελισμού σε όλη την Ελλάδα, είναι όμως μεγάλη σαν μία τηλεόραση και έτσι δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί φορητά. Η αντλία αυτή εφαρμόζεται σε νέα άτομα και εφήβους. Έχει εφαρμοστεί και σε μικρά παιδιά, αλλά σε ηλικία κάτω των 10 ετών δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύκολα, γιατί υπάρχει κίνδυνος το παιδί να αρχίσει να παίζει με την συσκευή. Για την καθημερινότητα του νέου ανθρώπου που

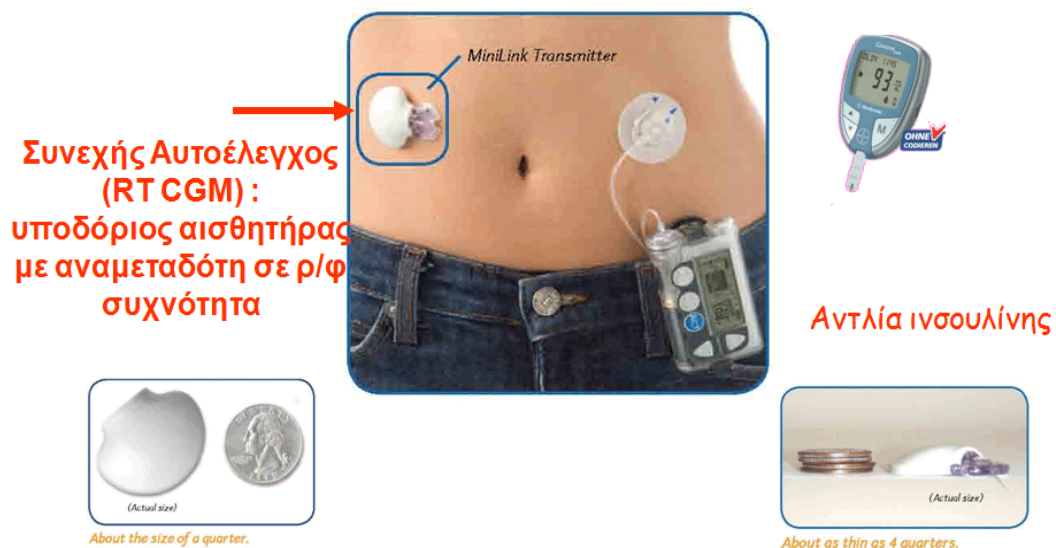
ασκείται είναι σημαντικό ότι μειώνονται τα επεισόδια υπογλυκαιμίας με την χρήση της αντλίας (<http://www.diabetes.org/>).

Υπολογίζεται ότι στην Ελλάδα χρησιμοποιούν την αντλία περίπου 2000 με 2500 διαβητικοί. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό ότι η σωστή ρύθμιση που επιτυγχάνεται με την αντλία ινσουλίνης, μειώνει σχεδόν απόλυτα την πιθανότητα επιλοκής τύφλωσης ή ακρωτηριασμού που μπορεί να υποστεί ένας διαβητικός τύπου 1 που δεν ρυθμίζει σωστά το σάκχαρό του (Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την Πρόληψη και την Αντιμετώπιση του Σακχαρώδη Διαβήτη, Υπουργείο Υγείας (2012).

Εικόνα 3.3

Αντλία ινσουλίνης με μηχανισμό αυτοελέγχου του σακχάρου του αίματος.

Αντλία ινσουλίνης ενισχυμένη με συνεχή αυτοέλεγχο



Πηγή : <https://www.medtronic-diabetes.gr>

Έρευνες έχουν αποδείξει την μείωση των υπογλυκαιμικών σοκ και την σωστή διαχείριση του σωματικού βάρους των ασθενών. Επίσης, με την χρήση της αντλίας προκύπτει μεγαλύτερη ελευθερία κινήσεων του διαβητικού. Είναι σημαντικό το γεγονός ότι με την αντλία

επιτυγχάνεται σωστή διαχείριση των επιπέδων σακχάρου κατά την διάρκεια της νύχτας όπου ο ασθενής λόγω ύπνου είναι πιο δύσκολο να ελέγξει (Ramirez-Rincon A, Hincapie-García J, Arango CM, Aristizabal N, Castillo E, Hincapie G, Zapata E, Cuesta DP, Delgado M, Abad V, Torres JL, Palacio A, Botero JF., Clinical Outcomes After 1 Year of Augmented Insulin Pump Therapy in Patients with Diabetes in a Specialized Diabetes Center in Medellín, Colombia. *Diabetes Technol Ther.* 2016 Nov;18(11):713-718.).

Κατά τα πρώτα χρόνια ανάπτυξης της νέας τεχνολογίας, ένα σημαντικό μειονέκτημα ήταν το υψηλό κόστος της συσκευής. Σήμερα, περίπου τριάντα χρόνια μετά την πρώτη χρησιμοποίηση της συσκευής, το κόστος έχει μειωθεί αρκετά και είναι πιο προσβάσιμη στους χρήστες. Πιο συγκεκριμένα, στην Ελλάδα το κόστος καλύπτεται από τα ασφαλιστικά ταμεία ύστερα από έγκριση ιατρικής επιτροπής η οποία πιστοποιεί την αναγκαιότητα χρησιμοποίησής της. Το κόστος αγοράς της συσκευής στην Ελλάδα υπολογίζεται στα 1000 ευρώ και απαιτούνται περίπου 100 ευρώ τον μήνα για τα αναλώσιμα της συσκευής. Βέβαια, το κόστος αυτό αντισταθμίζει άλλα κόστη που πρέπει να καλύψει ούτως ή άλλως ένας διαβητικός.

Πιθανή τεχνολογική εξέλιξη της αντλίας έγχυσης ινσουλίνης θα μπορούσε να αποτελέσει ένα τεχνητό πάγκρεας. Υπάρχουν ερευνητικές ομάδες οι οποίες εργάζονται στην ανάπτυξη τεχνητού παγκρέατος αλλά υπάρχουν αρκετές δυσκολίες μηχανικής φύσεως στην εφαρμογή του καθώς πρόκειται για κλειστό σύστημα το οποίο μιμείται την λειτουργία ενός ανθρώπινου οργάνου, σε αντίθεση με την αντλία η οποία είναι ένα ανοικτό σύστημα (El-Khatib FH, Balliro C, Hillard MA, Magyar KL, Ekhlaspour L, Sinha M, Mondesir D, Esmaeili A, Hartigan C, Thompson MJ, Malkani S, Lock JP, Harlan DM, Clinton P, Frank E, Wilson DM, DeSalvo D, Norlander L, Ly T, Buckingham BA, Diner J, Dezube M, Young LA, Goley A, Kirkman MS, Buse JB, Zheng H, Selagamsetty RR, Damiano ER, Russell SJ. Home use of a bi-hormonal bionic pancreas versus insulin pump therapy in adults with type 1 diabetes: a multicentre randomised crossover trial. *Lancet.* 2016 Dec 20. pii: S0140-6736(16)32567-3).

3.5 Μελέτη περίπτωσης των γυαλιών για τυφλούς

Η ένταξη των τυφλών ανθρώπων σε μια κοινωνία είναι ένα χρόνιο κοινωνικό πρόβλημα καθώς οι άνθρωποι με βαριά οφθαλμολογικά προβλήματα έχουν προβλήματα στην καθημερινότητά τους και δυστυχώς οι συνθήκες που επικρατούν στις σύγχρονες πόλεις δυσχεραίνουν ακόμη περισσότερο τη διαβίωσή τους. Τα τελευταία χρόνια πολλές ερευνητικές ομάδες προσπαθούν να αναπτύξουν νέες τεχνολογίες για την διευκόλυνση των τυφλών ανθρώπων. Δεν είναι τυχαίο ότι μία τεράστια πολυεθνική όπως η Google έχει επενδύσει τεράστια ποσά στην ανάπτυξη πρωτότυπων γυαλιών με αισθητήρες (<https://www.google.com/glass>). Παράλληλα με τη Google και άλλες ομάδες, ιδιαίτερα σε Πανεπιστήμια, δουλεύουν προς αυτή την κατεύθυνση.

Πρέπει να διευκρινιστεί ότι η αρχική ιδέα της Google ήταν η ανάπτυξη ενός μικρού ηλεκτρονικού υπολογιστή σε σχήμα γυαλιών ηλίου έτσι ώστε να αναπτυχθεί το αίσθημα επαυξημένης πραγματικότητας που μπορεί να νιώσει ένας άνθρωπος με όραση. Αυτή η τεχνολογία αποτέλεσε την βάση για την ανάπτυξη γυαλιών για τυφλούς στην συνέχεια.

Πιο συγκεκριμένα, οι ερευνητικές ομάδες προσπαθούν να αξιοποιήσουν τους αισθητήρες που φέρουν αυτά τα γυαλιά έτσι ώστε να ειδοποιούν τον τυφλό για πιθανά εμπόδια τα οποία υπάρχουν στον δρόμο του (<http://www.esighteyewear.com>). Είναι αξιοσημείωτο να αναφερθεί ότι εγχειρήματα για την ανάπτυξη της τεχνολογίας γυαλιών για τυφλούς έχουν πραγματοποιηθεί επιτυχώς και στην Ελλάδα και μάλιστα από μαθητή (www.imerisia.gr). Αυτή η εφεύρεση είχε σημαντικά κοινωνικά οφέλη για μια μεγάλη πληθυσμιακή ομάδα ανθρώπων καθώς διευκολύνει την καθημερινότητά τους, την εξομάλυνση της ζωής τους και την παραγωγικότητά τους. Αν και η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι ακόμα σε πρώιμο στάδιο, θα αποτελέσει μια πραγματικότητα με μειονέκτημα όμως το ιδιαίτερα αυξημένο κόστος. Επίσης, μπορεί να οδηγήσει σε υπερεκτίμηση των δυνατοτήτων που προσφέρει από τους ίδιους τους ασθενείς με αποτέλεσμα να υπάρχουν πιθανά ατυχήματα.

3.6 Ανακεφαλαίωση

Στο τρίτο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν ιατρικά τεχνολογικά επιτεύγματα τα οποία επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα σημαντικά μεγάλες πληθυσμιακές ομάδες, είτε σε επίπεδο πρόληψης και διάγνωσης, όπως η εφαρμογές υγείας των κινητών τηλεφώνων, είτε σε επίπεδο αποκατάστασης και θεραπείας, όπως η αντλία ινσουλίνης.

Τα περισσότερα επιτεύγματα σε αυτούς τους τομείς τα παρέχουν οι εφαρμογές οι οποίες προέκυψαν από την ανάπτυξη άλλων τεχνολογικών τομέων, όπως οι τηλεπικοινωνίες, η πληροφορική, η μηχανική και η ηλεκτρονική. Συνοπτικά, σημαντικά πλεονεκτήματα είναι η βελτίωση της ποιότητας ζωής, η αύξηση της προσβασιμότητας ιδιαίτερα για ανθρώπους με αναπηρίες, η καλύτερη παρακολούθηση της υγείας κάθε ανθρώπου, η βελτίωση της παρακολούθησης ανθρώπων με μακροχρόνιες παθήσεις και, τέλος η αποκατάσταση μακροχρόνιων ή μόνιμων προβλημάτων υγείας.

Βέβαια, η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει επιφέρει και σημαντικά προβλήματα τα οποία πηγάζουν από την υπερεκτίμησή της πολλές φορές από τους ίδιους τους ασθενείς. Πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι μια μη αξιολογημένη και πιστοποιημένη ιατροτεχνολογική εφαρμογή δεν μπορεί να αντικαταστήσει μια ιατρική μέθοδο και παρακολούθηση. Επίσης, το υψηλό κόστος των νέων επιτευγμάτων αποτελεί τροχοπέδη για την μαζική εφαρμογή τους. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι περισσότερες εξ αυτών δεν καλύπτονται από τα ασφαλιστικά ταμεία με αποτέλεσμα οι συγκεκριμένες εφαρμογές να είναι προσιτές μόνο σε πολίτες με αυξημένα εισοδήματα. Αυτό το γεγονός δημιουργεί κοινωνικές ανισότητες και κατηγοριοποίηση της ποιότητας υγείας.

Μελλοντικά, η διαρκής ανέλιξη της τεχνολογίας σε όλους τους τομείς θα προσφέρει πολύτιμα εργαλεία στον τομέα της ιατρικής, της παρακολούθησης και της αποκατάστασης, με αποτέλεσμα την απεξάρτηση του ασθενούς από τα κέντρα υγείας, τα κέντρα αποκατάστασης και τα νοσοκομεία. Επίσης, η ανάπτυξη εφαρμογών που αφορούν την ατομική υγεία θα οδηγήσει στην μεγαλύτερη ευαισθητοποίηση του ατόμου για την υγεία με τον κίνδυνο όμως, ελέγχου της αξιοπιστίας των πληροφοριών. Οι νέες τεχνολογίες πρέπει να λειτουργούν επικουρικά προς τον ασθενή και όχι να υποκαθιστούν τον ιατρό, τα ιατρικά μηχανήματα και γενικότερα την ιατρική επιστήμη. Αν δεν παρέχονται με την έγκριση και την καθοδήγηση της ιατρικής κοινότητας,

υπάρχει ο κίνδυνος να έχουν αντίστροφα αποτελέσματα από αυτά για τα οποία προορίζονται, δηλαδή για την βελτίωση της ατομικής και της δημόσιας υγείας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Εισαγωγή

Στην εργασία , όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, αναλύονται ενδεικτικές και χαρακτηριστικές νέες τεχνολογίες με εφαρμογή στην ιατρική επιστήμη. Η εργασία δομήθηκε σε δύο επίπεδα, πρώτον σε επίπεδο κλινικής άσκησης προς όφελος του ιατρού και δεύτερον σε επίπεδο καθημερινότητας προς όφελος του ασθενούς. Όπως είναι λογικό, όταν αναφερόμαστε σε μια ιατρική τεχνολογία δεν είναι δυνατόν να μην είναι πρώτος στόχος η βελτίωση της υγείας και της δημόσιας υγείας εν γένει. Όμως, η πολυπλοκότητα των σύγχρονων οικονομικών συστημάτων και πιο συγκεκριμένα του συστήματος υγείας κάθε χώρας καθιστά αναγκαία και την εξέταση πολλών παραγόντων όπως είναι η καινοτομία, η οικονομία, η πρακτικότητα, η προσβασιμότητα και άλλοι. Οι ανωτέρω παράγοντες μελετώνται και αξιολογούνται με βάση συγκεκριμένους δείκτες οι οποίοι έχουν αναπτυχθεί στα πλαίσια της τεχνολογικής αξιολόγησης μιας τεχνολογίας. Ένας από αυτούς τους δείκτες είναι ο δείκτης κόστους-αποτελεσματικότητας (cost-effectiveness), ο οποίος χρησιμοποιείται για την σύγκριση μιας νέας τεχνολογίας με μια καθιερωμένη τεχνολογία οι οποίες χρησιμοποιούνται για την ίδια ιατρική πράξη, ως προς την αποτελεσματικότητά τους και το κόστος τους. Στις συγκεκριμένες μελέτες υπεισέρχεται έντονα ο υποκειμενικός παράγοντας, κάτι το οποίο καθιστά ιδιαίτερα δύσκολη την τεχνολογική αξιολόγηση. Πιο συγκεκριμένα, δεν είναι εύκολα αξιολογήσιμο κατά πόσο είναι συμφέρουσα μια νέα τεχνολογία η οποία βελτιώνει ποιοτικά μια νέα θεραπεία καθώς κατά πάσα πιθανότητα θα αυξάνει το συνολικό κόστος σε σχέση με μία εφαρμοζόμενη θεραπεία. Η τεχνολογία της

τεχνολογικής αξιολόγησης εξελίσσεται διαρκώς καθώς προστίθενται νέα μοντέλα αξιολόγησης τα οποία χρησιμοποιούνται από εγκεκριμένους φορείς και καταρτισμένους επιστήμονες. Στην εργασία χρησιμοποιήθηκε επιστημονική βιβλιογραφία η οποία μελετά συγκεκριμένες τεχνολογίες οι οποίες είναι είτε σε πειραματικό στάδιο, είτε σε στάδιο εισαγωγής στην ιατρική, είτε εφαρμόζονται τα τελευταία χρόνια. Οι τεχνολογίες οι οποίες εισήχθησαν τα τελευταία χρόνια στην ιατρική πράξη προσφέρουν περισσότερα δεδομένα για την αξιολόγησή τους. Αυτό είναι λογικό από την στιγμή που μία τεχνολογία κρίνεται ορθά και πλήρως από την καθημερινή εφαρμογή της. Στην συνέχεια θα αναφερθούν και θα συζητηθούν τα σημαντικότερα συμπεράσματα τα οποία εξήχθησαν από την μελέτη χαρακτηριστικών περιπτώσεων επιτευγμάτων της ιατρικής τεχνολογίας. Επίσης, θα συμπεριληφθούν συμπεράσματα τα οποία αντλήθηκαν από την ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας σχετικά με την εξέλιξη της ιατρικής τεχνολογίας.

4.2 Αποτελέσματα- Συμπεράσματα

Από την μελέτη της διεθνούς βιβλιογραφίας και περιπτώσεων οι οποίες αναλύθηκαν στην εργασία παρατηρείται η διαρκής εξέλιξη της ιατρικής τεχνολογίας. Είναι εμφανές ότι η εξέλιξη της ιατρικής πορεύεται παράλληλα με την εξέλιξη της τεχνολογίας σε άλλους τομείς, ακόμα και χωρίς συνάφεια με τον τομέα της ιατρικής και της βιολογίας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ανάπτυξη της πληροφορικής η οποία απλουστεύει και μειώνει τους χρόνους και τις αποστάσεις στην άσκηση της ιατρικής. Η παράλληλη εξέλιξη διαφορετικών τομέων και επιστημών έχει το πλεονέκτημα της μείωσης του κόστους της έρευνας και της ανάπτυξης καθώς η αξιοποίηση μιας τεχνολογίας σε πολλές διαφορετικές δραστηριότητες παράλληλα αυξάνει την αποδοτικότητα μίας τεχνολογίας η οποία αγοράστηκε μία φορά για μία δουλειά αλλά προσφέρει σε περισσότερες εργασίες. Αντίθετα, στο παρελθόν κάθε ιατρική ειδικότητα για παράδειγμα απαιτούσε τα δικά της ιδιαίτερα μηχανήματα. Πιο συγκεκριμένα, στις χειρουργικές ειδικότητες απαιτούνται ιδιαίτερα εξαρτήματα για κάθε χειρουργείο, κάτι το οποίο ελαττώνεται με την ανάπτυξη της χειρουργικής ρομποτικής όπου ένα μηχανήμα μπορεί να διεκπεραιώσει πολλών διαφορετικών ειδών χειρουργεία. Επίσης, η ανάπτυξη της ηλεκτρονικής και της μηχανικής αυξάνει τα ποσοστά εξειδίκευσης και ακρίβειας σε σχέση με την ακρίβεια ενός ανθρώπινου χεριού. Αυτό το

πλεονέκτημα έχει ιδιαίτερη σημασία για την άσκηση της χειρουργικής. Πάντα στη χειρουργική και ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια με την αυστηροποίηση του ιατρικού δικαίου, δημιουργεί προβλήματα στην κλινική πράξη η ανασφάλεια του ιατρού για ενδεχόμενο λάθος.

Στην σύγχρονη ιατρική έχει αποδειχθεί ότι η εξοικονόμηση χρόνου στην ιατρική πράξη σε συνδυασμό με την έγκαιρη διάγνωση, είναι δύο σημαντικοί παράγοντες για την βελτιστοποίηση του ιατρικού αποτελέσματος και της αντιμετώπισης της παθολογικής κατάστασης. Η ανάπτυξη μοριακών τεχνολογιών και η ανάλυση του ανθρώπινου γονιδιώματος έκαναν πιο εφικτή την έγκαιρη διάγνωση της θεραπείας, ακόμα και πριν εκδηλωθεί. Η εφαρμογή της μοριακής διαγνωστικής απαιτούσε την ανάπτυξη της τεχνολογίας κάτι το οποίο είναι εφικτό σήμερα λόγω της ανάπτυξης της πληροφορικής, της ηλεκτρονικής και του αυτοματισμού. Η έγκαιρη διάγνωση έχει σημαντικά οφέλη πρωτίστως για την υγεία του ασθενούς, ειδικά σε ογκολογικά περιστατικά όπου η έγκαιρη διάγνωση είναι ο καλύτερος τρόπος αντιμετώπισης, και δευτερευόντως σε οικονομικό επίπεδο καθώς το σύστημα υγείας εξοικονομεί πόρους, οικονομικούς και μη, καθώς αποφεύγει τη νοσηλεία, τη φαρμακευτική αγωγή και άλλες απαιτήσεις της θεραπευτικής αντιμετώπισης προχωρημένου σταδίου.

Οικονομικά οφέλη προκύπτουν και από την εξοικονόμηση πόρων και υποδομών όπως γίνεται στην περίπτωση της τηλεϊατρικής όπου σε απομακρυσμένες περιοχές δεν είναι αναγκαία η συντήρηση δομών όπως ένα πλήρως εξοπλισμένο και στελεχομένο κέντρο υγείας. Η φυσική εξέταση δεν αντικαθίστανται σε καμία περίπτωση από την απομακρυσμένη εξέταση και το ιδανικό είναι η ύπαρξη πλήρων δομών υγείας σε κάθε κατοικημένη περιοχή, αλλά σε ρεαλιστικά δεδομένα σύμφωνα με τα οποία η υγεία αντλεί τεράστια ποσά από τα Ακαθάριστα Εθνικά Προϊόντα κάθε χώρας και υπάρχει έλλειψη προσωπικού, πρέπει να γίνεται διαχείριση των υπαρχόντων πόρων και σωστή κατανομή τους. Η ανάπτυξη της τηλεϊατρικής για περιστατικά πρωτοβάθμιας φροντίδας υγείας διευκολύνει την εξοικονόμηση πόρων και την κατανομή τους σε μεγαλύτερες ανάγκες. Επίσης, έτσι αναπτύσσεται και η διάχυση της ιατρικής γνώσης και πληροφορίας σε κάθε άκρη του κόσμου. Ένα χρόνιο πρόβλημα της ιατρικής κοινότητας ήταν η προσβασιμότητα στη γνώση η οποία συνδέεται με την επικαιροποίηση των πρωτοκόλλων αντιμετώπισης περιστατικών. Ιδιαίτερα σήμερα όπου έχει καθιερωθεί η εφαρμογή πρωτοκόλλων στην ιατρική πράξη είναι αναγκαίο να είναι εύκολη η

πρόσβαση στα νέα ευρήματα και συμπεράσματα της ιατρικής έρευνας. Αυτή η εξέλιξη οφείλεται στην ανάπτυξη του διαδικτύου και εντάσσεται στα οφέλη της τηλεϊατρικής.

Επιπροσθέτως, η βελτίωση της ιατρικής τεχνολογίας καθιστά δυνατή την παρακολούθηση του ασθενούς εξ αποστάσεως. Έτσι μειώνεται ο χρόνος νοσηλείας και η μείωση των επιπλοκών του ασθενούς, κάτι που οδηγεί επίσης στην εξοικονόμηση πόρων και κυρίως στη βελτιστοποίηση της δημόσιας υγείας. Η δυνατότητα εξ αποστάσεως παρακολούθησης έχει μεγάλη σημασία για άτομα της τρίτης ηλικίας, για άτομα με κινητικά προβλήματα και άτομα με χρόνιες παθήσεις, ειδικά με καρδιαγγειακές παθήσεις.

Συμπερασματικά, είναι πολλαπλά τα οφέλη που προκύπτουν από την ανάπτυξη και εφαρμογή μιας τεχνολογίας στην ιατρική σε επίπεδο ιατρού και συστήματος υγείας. Υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα τα οποία αναλύονται στην συνέχεια. Συνοπτικά, η αύξηση της ακρίβειας, η εξοικονόμηση πόρων, οικονομικών και μη, η διάχυση της ιατρικής γνώσης, η ποιοτική βελτιστοποίηση της θεραπείας και της διάγνωσης, η έγκαιρη εντόπιση της νόσου και ο σχεδιασμός πρόληψης και τέλος, η μείωση πιθανότητας ιατρικού σφάλματος είναι τα σημαντικότερα τα οποία παρατηρούνται.

Σε επίπεδο ασθενούς προκύπτουν επίσης αρκετά οφέλη τα οποία παρουσιάζονται στην εργασία και πιο συγκεκριμένα στην μελέτη περιπτώσεων που συνδέονται με την παρακολούθηση και την αποκατάσταση του ασθενούς κυρίως. Όπως παρατηρήθηκε στις μελέτες περιπτώσεων ιατρικών τεχνολογιών οι οποίες έχουν άμεσο αντίκρουσμα στην υγεία του ασθενούς, όλες έχουν ως γνώμονα την γρηγορότερη και ποιοτικότερη αποκατάστασή του. Ο κοινός παρανομαστής και σε αυτή την περίπτωση είναι η υγεία του ασθενούς σε συνάρτηση με το χρόνο. Πιο συγκεκριμένα, ο δείκτης μέτρησης της υγείας ενός ασθενούς μπορεί να είναι η επιβίωσή του μετά από ένα περιστατικό κλονισμού της υγείας του, αλλά και το ποσοστό αναπηρίας το οποίο έχει μετά την ασθένεια, ο χρόνος αποκατάστασης και το κατά πόσο ήταν επώδυνη η θεραπευτική αγωγή στην οποία υπεβλήθη. Παρατηρούμε, ότι με την ανάπτυξη της ιατρικής τεχνολογίας έχει αυξηθεί ραγδαία και το προσδόκιμο ζωής του ανθρώπινου πληθυσμού. Αυτό οφείλεται στην συνεχή αποκρυπτογράφηση σοβαρών παθήσεων όπως είναι οι καρδιαγγειακές νόσοι και πολλών ειδών καρκίνοι. Η αποκρυπτογράφηση των νόσων προωθεί την εύρεση θεραπευτικών λύσεων και πλέον είμαστε στο τρίτο στάδιο, δηλαδή την βελτιστοποίηση αυτών των λύσεων. Έτσι παρατηρούμε ότι οι θεραπείες μέσω της τεχνολογικής εξέλιξης γίνονται λιγότερο επώδυνες για τον ασθενή και έχουν ως σκοπό

την γρηγορότερη δυνατή επάνοδό του στην φυσιολογική καθημερινή ζωή. Επίσης, η τεχνολογία έχει μεγάλο εύρος εφαρμογή σε ασθενείς με χρόνιες παθήσεις όπως είναι ο διαβήτης όπου καθιστά εύκολη την συνεχή παρακολούθηση και την βελτίωση της ποιότητας ζωής του ασθενούς.

Είναι πολύ σημαντικό ότι με την ανάπτυξη επιτευγμάτων όπως ο εξωσκελετός, προσεγγίζεται η επίλυση ιατρικών προκλήσεων όπως η παραπληγία και έτσι οι άνθρωποι αυτοί μπορούν να επανέλθουν σε μεγάλο βαθμό σε δραστηριότητες τις οποίες είχαν διακόψει λόγω της αναπηρίας τους. Η ιατρική τεχνολογία μπορεί να οδηγήσει επικουρικά στην ίαση και την αποκατάσταση από χρόνιες παθήσεις.

Επίσης, η ανάπτυξη της κινητής τηλεφωνίας και εφαρμογών των φορητών συσκευών έχουν δώσει πολλές δυνατότητες στην παρακολούθηση της υγείας σε πραγματικό χρόνο, κάτι το οποίο έχει αυξήσει την ευαισθητοποίηση των πολιτών για τα θέματα υγείας. Βέβαια, σε αρκετές περιπτώσεις γίνεται το λάθος να υποκαθιστά αυτή η παρακολούθηση την εργαστηριακή εξέταση ή την κλινική εξέταση από έναν ιατρό. Γενικά πάντως προάγει την βελτίωση της δημόσιας υγείας, την πρόληψη και την καλύτερη αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών.

Όπως και στις περιπτώσεις των ιατροτεχνολογικών εφαρμογών με κλινική χρησιμότητα, έτσι και στις περιπτώσεις εφαρμογών αποκατάστασης και αποκατάστασης των ασθενών, εξοικονομούνται οικονομικοί πόροι γιατί όπως προαναφέρθηκε, μειώνεται ο χρόνος νοσηλείας, σε κάποιες περιπτώσεις μειώνεται η φαρμακευτική δαπάνη και τέλος, είναι σημαντικό το γεγονός ότι δίνει την δυνατότητα να επανέλθουν στην παραγωγική διαδικασία σύντομα και εξίσου αποδοτικά με πριν, κάτι το οποίο έχει πολλαπλά οφέλη για μια οικονομία.

Είναι αδιαμφισβήτητο ότι οι ραγδαίες τεχνολογικές αλλαγές επιφέρουν και προβλήματα γύρω από την εφαρμογή τους. Πιο συγκεκριμένα, όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή του κεφαλαίου πάντα πρέπει να προηγείται η αξιολόγηση των νέων τεχνολογιών κάτι το οποίο είναι πολλές φορές μια χρονοβόρα διαδικασία. Σημαντικό πρόβλημα της ραγδαίας εξέλιξης της επιστήμης και της τεχνολογίας είναι η συνεχής εύρεση νέων εφαρμογών και πρωτοκόλλων τα οποία έχουν κοστίζει υπέρογκα ποσά σε ερευνητικό επίπεδο και έτσι υπάρχει πίεση για άμεση εφαρμογή τους. Πολλές φορές μπορεί να μην είναι τόσο αποτελεσματικές σε σχέση με τις υπάρχουσες μεθόδους ή το κόστος τους να είναι δυσανάλογα μεγάλο σε σχέση με τα οφέλη που προσφέρουν στην ιατρική πράξη. Σε τέτοιες περιπτώσεις δεν πρέπει να εφαρμόζονται οι νέες τεχνολογίες.

Το πιο σημαντικό μειονέκτημα των νέων τεχνολογιών είναι το υψηλό κόστος τους ως καινοτόμα προϊόντα τα οποία έχουν απορροφήσει πολλούς πόρους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα πολλά συστήματα υγείας να μην μπορούν να τα εντάξουν στην καθημερινή κλινική πράξη καθώς και αδυναμία των ασφαλιστικών ταμείων να καλύψουν το σύνολο ή μέρος του κόστους. Αν πρόκειται για εφαρμογές οι οποίες αφορούν τον ίδιο τον ασθενή υπάρχει δυνατότητα για αγορά από τον ίδιο τον πολίτη αν έχει την δυνατότητα. Αυτό το γεγονός δημιουργεί ανισορροπίες ως προς την προσβασιμότητα των πολιτών σε καινοτόμα τεχνολογικά προϊόντα υγείας, καθώς μπορούν να αγοραστούν μόνο από λίγους ανθρώπους. Τέλος, σε αρκετές περιπτώσεις υπάρχει το φαινόμενο της προκλητής ζήτησης που δημιουργείται από την πίεση των εταιρειών προς τους ιατρούς για την μη αναγκαία σε πολλές περιπτώσεις, εφαρμογή των νέων τεχνολογιών. Έτσι επιβαρύνεται άσκοπα και υπέρμετρα ο πληρωτής της υπηρεσίας, είτε αυτός είναι ο ασφαλιστικός οργανισμός είτε ο ίδιος ο ασθενής.

Οι νέες τεχνολογίες απαιτούν γνώσεις από το ιατρικό και νοσηλευτικό προσωπικό για την εφαρμογή τους και έτσι κρίνεται αναγκαία η συνεχής μετεκπαίδευση και επιμόρφωση. Η επικαιροποίηση, η ανανέωση των γνώσεων και η δια βίου μάθηση είναι γενικά αναγκαία στον ιατρικό χώρο αλλά είναι δύσκολο να επιτευχθεί όταν το κόστος εκμάθησης των ιατρών σε νέες μεθόδους είναι τόσο υψηλό. Βέβαια, πολλές φορές οι ίδιες οι εταιρείες επωμίζονται το κόστος εκμάθησης των ιατρών.

Συμπερασματικά, οι νέες τεχνολογίες οι οποίες απευθύνονται άμεσα στον ασθενή πρέπει να λειτουργούν κατόπιν συμβουλής της αντίστοιχης ειδικότητας ιατρού και πάντα συνεργατικά και επικουρικά και όχι αντικαθιστώντας την κύρια θεραπεία. Βέβαια, σε περιπτώσεις όπως αυτή του εξωσκελετού πρόκειται για την βέλτιστη καινοτομική λύση αποκατάστασης του προβλήματος και για αυτό πρέπει να συνεχιστεί η επένδυση σε αντίστοιχες τεχνολογίες.

Πίνακας 4.1

Σύγκριση νέων τεχνολογιών και κλασσικών μεθόδων στην ιατρική.

	Νέες Τεχνολογίες	Κλασσικές Μέθοδοι
Κλινικά – Ιατρικά Οφέλη	<ol style="list-style-type: none"> 1. Πιο ανώδυνες μέθοδοι 2. Πιο γρήγορες μέθοδοι 3. Συνήθως πιο ακριβείς 4. Πιο αποτελεσματικές 5. Ελαχιστοποίηση πιθανότητας ιατρικού λάθους 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ελεγμένες μέθοδοι 2. Ανεπτυγμένη τεχνογνωσία 3. Δεν απαιτείται εκπαίδευση των ιατρών 4. Ακριβής πρόγνωση αποτελέσματος 5. Υψηλή αποτελεσματικότητα
Οικονομικά Οφέλη	<ol style="list-style-type: none"> 1. Μείωση κόστους νοσηλείας 2. Αύξηση απασχόλησης 3. Μείωση κόστους θεραπείας μακροπρόθεσμα 4. Ενίσχυση έρευνας και καινοτομίας 5. Εφαλτήριο για νέες εφευρέσεις 6. Ενίσχυση ανταγωνιστικότητας 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Χαμηλότερο κόστος αγοράς και χρησιμοποίησης 2. Ύπαρξη οικονομικών μελετών 3. Μειωμένο κόστος συντήρησης 4. Δυνατότητα πρόβλεψης κόστους
Εφαρμογή	<ol style="list-style-type: none"> 1. Εξατομίκευση υγειονομικής περίθαλψης 2. Βελτιστοποίηση αναμενόμενου αποτελέσματος 3. Αναγκαιότητα επιδημιολογικών μελετών και αξιολόγησης 4. Αναγκαιότητα ανάπτυξης πρωτοκόλλων 5. Αναγκαιότητα εκπαίδευσης προσωπικού 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ευκολότερη εφαρμογή 2. Ευκολότερη πρόσβαση 3. Ύπαρξη αναλώσιμων 4. Ύπαρξη πρωτοκόλλων 5. Επαρκής εκπαίδευση προσωπικού 6. Καλύτερη αντιμετώπιση σφαλμάτων και αστοχιών 7. Βελτιστοποίηση της ποιότητας της τεχνολογίας λόγω ανταγωνισμού
Προαγωγή της Επιστήμης	<ol style="list-style-type: none"> 1. Προαγωγή της έρευνας 2. Αντιμετώπιση μεγαλύτερου εύρους ασθενειών 3. Παράπλευρες ανακαλύψεις και εφευρέσεις 4. Εξατομίκευση της θεραπείας και καλύτερη στόχευση 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Επιδημιολογικές μελέτες 2. Προσφορά ιατρικών δεδομένων για την ανάλυση και εξέλιξη της επιστήμης 3. Εφαλτήριο για την ανάπτυξη νέων μεθόδων 4. Πιο προσιτή σε νέους επιστήμονες 5. Κατάλληλες για την εκπαίδευση των φοιτητών

Βιβλιογραφία

Διεθνής Βιβλιογραφία

1. Atun RA, Mohan A. Uses and benefits of SMS in healthcare delivery. London, Imperial College London, 2005
2. Bankston J., Alexander Fleming and the story of Penicillin. Mitchel ILane Publishers, 2001
3. Bregoli L, Movia D, Gavigan-Imedio JD, Lysaght J, Reynolds J, Prina-Mello A, Nanomedicine applied to translational oncology: A future perspective on cancer treatment. *Nanomedicine*. 2016 Jan;12(1):81-103
4. Daraee H, Eatemadi A, Abbasi E, Fekri Aval S, Kouhi M, Akbarzadeh A., Application of gold nanoparticles in biomedical and drug delivery. *Artif Cells Nanomed Biotechnol*. 2016;44(1):410-22
5. El-Khatib FH, Balliro C, Hillard MA, Magyar KL, Ekhlaspour L, Sinha M, Mondesir D, Esmaeili A, Hartigan C, Thompson MJ, Malkani S, Lock JP, Harlan DM, Clinton P, Frank E, Wilson DM, DeSalvo D, Norlander L, Ly T, Buckingham BA, Diner J, Dezube M, Young LA, Goley A, Kirkman MS, Buse JB, Zheng H, Selagamsetty RR, Damiano ER, Russell SJ. Home use of a bihormonal bionic pancreas versus insulin pump therapy in adults with type 1 diabetes: a multicentre randomised crossover trial. *Lancet*. 2016 Dec 20. pii: S0140-6736(16)32567-3
6. Franco A. (ed) et al, *The History of Anesthesia*. ElsevierScience, 2001
7. Grace E.S, *Biotechnology Unzipped: Promises and Realities*. JosephHenryPress,1997
8. Ho D., Nanodiamonds: The intersection of nanotechnology, drug development, and personalized medicine. *Sci Adv*. 2015 Aug 21;1(7):e1500439
9. Ho D., Nanodiamond-based chemotherapy and imaging. *Cancer Treat Res*. 2015;166:85-102
10. Hoeger K., *The Illustrated history of surgery*. Canadian Medical Association,1998
11. International Telecommunications Union. *The world in 2010: ICT facts and figures*. Geneva,2010
12. Kaplan WA. Can the ubiquitous power of mobile phones be used to improve health outcomes in developing countries? *Globalization and Health*, 2006, 2(9)

13. Management of Hyperbilirubinemia in the Newborn Infant 35 or More Weeks of Gestation, Subcommittee on Hyperbilirubinemia, *Pediatrics* 2004;114:297-316
14. Mishra S, Nanotechnology in medicine. *Indian Heart J.* 2016 May-Jun;68(3):437-9
15. Ramirez-Rincon A, Hincapie-García J, Arango CM, Aristizabal N, Castillo E, Hincapie G, Zapata E, Cuesta DP, Delgado M, Abad V, Torres JL, Palacio A, Botero JF., Clinical Outcomes After 1 Year of Augmented Insulin Pump Therapy in Patients with Diabetes in a Specialized Diabetes Center in Medellín, Colombia. *Diabetes Technol Ther.* 2016 Nov;18(11):713-718
16. Sanjeev Singhand Arti Singh, Current status of nanomedicine and nanosurgery. *Anesth Essays Res.* 2013 May-Aug; 7(2): 237–242
17. Sepel LM, Loreto EL, Rocha JB, Using a replica of Leeuwenhoek's microscope to teach the history of science and to motivate students to discover the vision and the contributions of the first microscopists. *CBE Life Sci Educ.* 2009 Winter;8(4):338-43.
18. Strathern P., *Curie and Radioactivity: The big Idea.* Anchor, 1999
19. Tomaszewski KA, Radomski MW, Santos-Martinez MJ, Nanodiagnostics, nanopharmacology and nanotoxicology of platelet-vessel wall interactions. *Nanomedicine (Lond).* 2015 May;10(9):1451-75
20. Vatanoglu-Lutz EE¹, Ataman AD. Medicine in philately: Rene T. H. Laënnec, the father of stethoscope. *Anatol J Cardiol.* 2016 Feb;16(2):146-7.
21. Vizirianakis, LS. (2002). Pharmaceutical education in the wake of genomic technologies in drug development and personalized medicine. *Eur. J. Pharm. Sci.* 15: 243-250)
22. Vizirianakis LS. (2004). Challenges in current drug delivery from the potential application of pharmacogenomics and personalized medicine in clinical practice. *Curr. DrugDeliv*, 1: 73-80
23. Vizirianakis, LS. (2005). Improving pharmacotherapy outcomes by pharmacogenomics: from expectation to reality? *Pharmacogenomics*, 6: 701-71
24. Vizirianakis, LS. (2007). From defining bioinformatics and pharmacogenomics to developing information based medicine and pharmacotyping in healthcare. In: "Pharmaceutical Biotechnology Handbook", Gad S.C. (Ed.), John Wiley & Sons, Inc., New York. In press

25. WHO. A health telematics policy in support of WHO's Health-For-All strategy for global health development: report of the WHO group consultation on health telematics, 11–16 December, Geneva, 1997. Geneva, World Health Organization, 1998
26. Wootton R. Telemedicine support for the developing world. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 2008, 14(3):109–114

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. ΑΤΜΑΤΖΙΔΟΥ ΕΛΕΝΗ , ΒΕΛΑΛΗ ΚΥΡΙΑΚΗ, ΓΙΑΝΝΙΚΗ ΜΑΡΙΑ, ΚΟΥΦΟΓΛΟΥ ΕΛΕΝΗ, ΜΠΑΜΠΑΛΙΤΣΑ ΣΟΦΙΑ ΔΗΜΗΤΡΑ , ΣΤΕΛΙΑΝΙΔΗ ΑΘΑΝΑΣΙΑ , ΛΑΜΠΡΗ ΜΑΡΙΑ, ΒΛΑΧΟΠΟΥΛΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ , ΜΙΤΩΒΑ ΡΕΝΑΤΑ, ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ-ΚΑΤΣΙΑΡΔΑΝΗ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΤΡΙΧΟΕΙΔΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΧΟΛΕΡΥΘΡΙΝΗΣ ΣΤΑ ΝΕΟΓΝΑ: Η ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΤΗΣ ΚΛΙΝΙΚΗΣ ΜΑΣ, 54ο Πανελλήνιο Παιδιατρικό Συνέδριο 2016
2. Κωνσταντινίδης Κ. Ρομποτική Χειρουργική. Έκδοση του Ιατρικού Κέντρου Αθηνών, 2012
3. Μαρκέτος Σ., Εικονογραφημένη Ιστορία της Ιατρικής. Ζήτα, 2012
4. MORFONIOS, A.; ΚΑΙΤΕΛΙΔΟΥ, D.; BALTOPOULOS, G.; MYRIANTHEFS, P. The international practice of health technology assessment. *Archives of Hellenic Medicine / Arheia Ellenikes Iatrikes* . Jan/Feb2013, Vol. 30 Issue 1, p19-34. 16p
5. Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την Πρόληψη και την Αντιμετώπιση του Σακχαρώδη Διαβήτη, Υπουργείο Υγείας (2012)

Διαδικτυακές Πηγές

1. <http://www.who.org>
2. <http://www.fda.gov>
3. <http://www.sev.gr>

4. <http://ec.europa.eu/>
5. <http://www.intuitivesurgical.com>
6. <http://www.davincisurgery.com>
7. <http://www.crnano.org>
8. <https://www.genome.gov>
9. <http://www.ema.europa.eu>
10. <http://www.rewalk.com>
11. <http://www.diabetes.org>
12. <https://www.google.com/glass>
13. <http://www.esighteyewear.com>
14. <http://www.imerisia.gr>