



ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ
ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

‘ Μελέτη της χρήσης των Ρομπότ στην Ιατρική Επιστήμη και της συμμετοχής τους στην πρόληψη ασθενειών. ‘

Ονόματα Φοιτητών

Κορδούλης Ιωάννης ΑΜ:44617

Μαχαίρας Κωνσταντίνος ΑΜ: 44618

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρόσος Χρήστος

Αθήνα
Ιούλιος 2020

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Ιωάννης Καρύδας του Γεωργίου, φοιτητής του Τμήματος Μαθηματικών, Βιομαθηματικών, Σχεδιασμού και Αρχιτεκτονικής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

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

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

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

Ο Δηλών



Ημερομηνία

16/7/2020

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ω/Η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Κωνσταντίνος Μαχαίρας του Γεωργίου, φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικών Συστημάτων και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

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

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

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

Ο Δηλών



Ημερομηνία

16/7/2020

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	5
Abstract.....	6
1. Εισαγωγή.....	7
2. Η Έννοια της Ιατρικής.....	8
2.1. Κινέζικη και Ινδική Ιατρική.....	9
2.2. Η Ιατρική στην Αρχαία Ελλάδα και τη Ρωμαϊκή Εποχή.....	10
2.3. Η Θεωρία των Μικροβίων για την Ασθένεια.....	11
2.4. Ιατρικές Στατιστικές.....	13
2.5. Τεχνολογία Διάγνωσης.....	14
2.6. Σύγχρονη Χειρουργική.....	15
3. Η Έννοια της Ρομποτικής.....	18
3.1. Ιστορική Αναδρομή της Ρομποτικής.....	18
3.1.1. Αρχικό Στάδιο Ανάπτυξης (1910-1960).....	18
3.1.2. Στάδιο Μεσοπρόθεσμης Ανάπτυξης (1961-1989).....	19
3.1.3. Στάδιο Ταχείας Ανάπτυξης (από το 1990).....	20
3.2. Εφαρμογές Ρομποτικής Επιστήμης.....	20
3.2.1. Πεδία Ρομποτικής.....	21
3.2.2. Ανάλυση Ρομποτικής.....	23
3.3. Τεχνητή Νοημοσύνη και Ρομποτική.....	25
3.4. Χαρακτηριστικά Ανθρωποειδούς Ρομπότ.....	27
3.4.1. Οπτική Αντίληψη.....	27
3.4.2. Εργασίες Χειρισμού και Ελέγχου.....	27
3.4.3. Αισθητήρια Συμπεριφορά.....	27
3.4.4. Φορητή Πλατφόρμα.....	28
3.5. Μελλοντικές Προοπτικές Ρομποτικής.....	28
4. Η Ρομποτική στην Ιατρική.....	31

4.1.	Κοινωνικά Οφέλη Ιατρικής Ρομποτικής.....	31
4.2.	Χώροι Φροντίδας και Ρομποτικές Διεργασίες.....	35
4.2.1.	Χώροι Φροντίδας και Ενδιαφερόμενοι.....	35
4.2.2.	Ρομποτικές Διεργασίες Φροντίδας.....	36
4.2.3.	Ρομποτική και Γνωστικά Ιατρικά Καθήκοντα.....	38
4.3.	Πρόσφατες Εξελίξεις Ρομποτικής Ιατρικής.....	40
4.3.1.	Εφαρμογές Ρομποτικής στο Εσωτερικό του Σώματος	40
4.3.2.	Εφαρμογές Ρομποτικής που Φέρονται στο Σώμα.....	41
4.3.3.	Εφαρμογές Ρομποτικής Εξωτερικά του Σώματος.....	43
5.	Βιβλιογραφική Ανασκόπηση Μελετών που Σχετίζονται με Εφαρμογές της Ρομποτικής στην Ιατρική.....	45
5.1.	Ρομποτική για την Ασφάλεια των Ασθενών.....	45
5.2.	Ιατρική Προσομοίωση.....	48
5.3.	Μηχανικές Συσκευές για Αίθουσες Λειτουργίας.....	49
5.4.	Αποκατάσταση και Βοηθητικά Ρομπότ	51
5.4.1.	Συμβατική και Ρομποτική Θεραπεία	53
5.4.2.	Προοπτική Συμβατικής Αποκατάστασης.....	53
5.4.3.	Ρομποτικές Προσεγγίσεις Αποκατάστασης.....	54
5.4.4.	Βοήθεια Κινητικότητα.....	55
5.4.5.	Βοηθητικά Ρομπότ	56
5.4.6.	Βοήθεια Χειρισμού.....	57
5.5.	Εφαρμογές Ανθρωποειδούς Ρομποτικής στην Υγειονομική Περίθαλψη....	59
5.5.1.	Τηλε-Υγειονομική Περίθαλψη.....	59
5.5.2.	Ανθρωποειδές Ρομπότ για Ανακούφιση από τον Πόνο.....	60
5.5.3.	Ανθρωποειδές Ρομπότ για τον Γηράσκοντα Πληθυσμό.....	60
6.	Συμπεράσματα.....	62
	Βιβλιογραφία.....	65

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια η ραγδαία ανάπτυξη επιστημών όπως η Πληροφορική και η Μηχανική έχουν φέρει στο προσκήνιο νέους κλάδους της επιστήμης, όπως η Ρομποτική και η Τεχνητή Νοημοσύνη. Αυτές οι νέες τεχνολογίες έχουν ήδη αρχίσει να εφαρμόζονται και στην ιατρική επιστήμη, ενώ η ραγδαία τους ανάπτυξη υπόσχεται ένα ευρύ φάσμα μελλοντικών τους εφαρμογών. Τα ρομποτικά συστήματα χρησιμοποιούνται πλέον για την εκτέλεση χειρουργικών επεμβάσεων ακριβείας, στη φυσικοθεραπεία και την εργοθεραπεία, επιτρέποντας μεγαλύτερης έντασης θεραπευτικές αγωγές, ενώ χρησιμοποιούνται σε κλινικό και οικιακό περιβάλλον για την παρακολούθηση και τη βοήθεια των ασθενών. Οι τεχνολογικές εξελίξεις στη ρομποτική έχουν τη δυνατότητα να ενθαρρύνουν την ανάπτυξη νέων θεραπειών για μια ευρεία ποικιλία ασθενειών και διαταραχών, να βελτιώσουν τόσο το πρότυπο όσο και την προσβασιμότητα της περίθαλψης και να ενισχύσουν τα αποτελέσματα της υγείας των ασθενών. Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι η διερεύνηση των ρομποτικών εφαρμογών στο χώρο της ιατρικής μέσω μιας βιβλιογραφικής ανασκόπησης σύγχρονων μελετών. Στη συγκεκριμένη εργασία αρχικά περιγράφεται η ιστορική εξέλιξη της ιατρικής επιστήμης, στη συνέχεια περιγράφεται η Ρομποτική επιστήμη και οι έως σήμερα εφαρμογές της, ενώ ακολουθεί η περιγραφή της εφαρμογής της Ρομποτικής στην Ιατρική. Τέλος, στην εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μελετών που σχετίζονται με ρομποτικές εφαρμογές στο χώρο της υγείας.

Λέξεις Κλειδιά: Ρομποτική, Ιατρική, Εφαρμογές, Οφέλη

Abstract

In recent years, the rapid development of sciences such as Informatics and Engineering has brought new branches of science to the fore, such as Robotics and Artificial Intelligence. These new technologies have already begun to be applied to medical science, and their rapid growth promises a wide range of future applications. Robotic systems are now being used to perform precision surgery, physiotherapy and occupational therapy, allowing for more intensive treatment, while being used in a clinical and home setting to monitor and assist patients. Technological developments in robotics have the potential to encourage the development of new therapies for a wide variety of diseases and disorders, improve both modeling and accessibility of care, and enhance patient health outcomes. The purpose of this work is to investigate robotic applications in the field of medicine through a bibliographic review of modern studies. This paper first describes the historical development of medical science, then describes Robotics and its applications to date, and then follows the description of the application of Robotics in Medicine. Finally, the study presents the results of studies related to robotic applications in the field of health.

Keywords: Robotics, Medicine, Applications, Benefits

1. Εισαγωγή

Οι ασθένειες και οι τραυματισμοί είναι τόσο παλιές όσο και η ανθρωπότητα. Τα ανθρώπινα λείψανα της Εποχής του Λίθου δείχνουν ενδείξεις ασθενειών όπως αρθρίτιδα, φυματίωση, φλεγμονή, οδοντικά προβλήματα, όγκοι οστών λέπρα, σκορβούτο, σπονδυλική φυματίωση, αριστερή σπονδυλική στήλη, οστεομυελίτιδα και διάφορες συγγενείς ανωμαλίες και τραυματισμούς. Οι ασθένειες αυτές εμφανίζονται στα ανθρώπινα σκελετικά σώματα και εάν υπήρχαν διαθέσιμα πιο πλήρη ανθρώπινα υπολείμματα, είναι πιθανό να είναι εμφανές ένα πολύ μεγαλύτερο φάσμα ασθενειών. Δεδομένου ότι στους ανθρώπους δεν αρέσει ο θάνατος και ο πόνος, υπήρχε σαφής ανάγκη να προσπαθήσουμε να βρούμε θεραπεία για ασθένειες και τραυματισμούς. Από την προϊστορική εποχή μέχρι και σήμερα, αν και η φύση των ασθενειών και της εξάπλωσής τους, καθώς και οι συνέπειες τους στον άνθρωπο παραμένουν οι ίδιες, η εξέλιξη της ιατρικής επιστήμης αποτελεί ένα ισχυρό όπλο για την υπεράσπιση της υγείας στον σύγχρονο πολιτισμό. Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει βοηθήσει τα μέγιστα προς αυτή την κατεύθυνση, παρέχοντας τα απαραίτητα εργαλεία τόσο για την εξέλιξη της ιατρικής επιστήμης όσο και για τη φροντίδα υγειονομικής περίθαλψης των ασθενών.

Τα τελευταία χρόνια η ραγδαία ανάπτυξη επιστημών όπως η Πληροφορική και η Μηχανική έχουν φέρει στο προσκήνιο νέους κλάδους της επιστήμης, όπως η Ρομποτική και η Τεχνητή Νοημοσύνη. Αυτές οι νέες τεχνολογίες έχουν ήδη αρχίσει να εφαρμόζονται και στην ιατρική επιστήμη, ενώ η ραγδαία τους ανάπτυξη υπόσχεται ένα ευρύ φάσμα μελλοντικών τους εφαρμογών. Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι η διερεύνηση των ρομποτικών εφαρμογών στο χώρο της ιατρικής μέσω μιας βιβλιογραφικής ανασκόπησης σύγχρονων μελετών. Στη συγκεκριμένη εργασία αρχικά περιγράφεται η ιστορική εξέλιξη της ιατρικής επιστήμης, στη συνέχεια περιγράφεται η Ρομποτική επιστήμη και οι έως σήμερα εφαρμογές της, ενώ ακολουθεί η περιγραφή της εφαρμογής της Ρομποτικής στην Ιατρική. Τέλος, στην εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μελετών που σχετίζονται με ρομποτικές εφαρμογές στο χώρο της υγείας.

2. Η Έννοια της Ιατρικής

Οι ασθένειες και οι τραυματισμοί είναι τόσο παλιές όσο και η ανθρωπότητα. Τα ανθρώπινα λείψανα της Εποχής του Λίθου δείχνουν ενδείξεις ασθενειών όπως αρθρίτιδα, φυματίωση, φλεγμονή, οδοντικά προβλήματα, όγκοι οστών λέπρα, σκορβούτο, σπονδυλική φυματίωση, αριστερή σπονδυλική στήλη, οστεομυελίτιδα και διάφορες συγγενείς ανωμαλίες και τραυματισμούς. Οι ασθένειες αυτές εμφανίζονται στα ανθρώπινα σκελετικά σώματα και εάν υπήρχαν διαθέσιμα πιο πλήρη ανθρώπινα υπολείμματα, είναι πιθανό να είναι εμφανές ένα πολύ μεγαλύτερο φάσμα ασθενειών. Δεδομένου ότι στους ανθρώπους δεν αρέσει ο θάνατος και ο πόνος, υπήρχε σαφής ανάγκη να προσπαθήσουμε να βρούμε θεραπεία για ασθένειες και τραυματισμούς (Sacramento, 2004).

Η θεραπεία και η πρόληψη των ασθενειών συχνά συνεπάγεται εξήγηση της αιτίας της ασθένειας. Ελλείψει γνώσεων για τα μικρόβια, τα βακτήρια και τους ιούς και την ανθρώπινη ανατομία και φυσιολογία, οι άνθρωποι αποδίδουν την ασθένεια, τους τραυματισμούς και τον θάνατο σε υπερφυσικές δυνάμεις, όπως και άλλα ανεξήγητα γεγονότα όπως καταιγίδες, σεισμοί και ηφαιστειακές εκρήξεις θεωρήθηκε ότι προκλήθηκαν από υπερφυσικές δυνάμεις (Geller & Cohen, 1995). Αυτό οδήγησε στην ανάγκη για μια μέθοδο επηρεασμού των υπερφυσικών δυνάμεων που απαιτούσε ένα άτομο με γνώση του υπερφυσικού κόσμου που θα μπορούσε να επικοινωνήσει και να εξευμενίσει τους θεούς ή τα πνεύματα που προκάλεσαν την ασθένεια και τον τραυματισμό. Οι ιερείς, οι σαμάνοι, οι μάγοι και οι γιατροί ήταν συχνά υπεύθυνοι για την προστασία της υγείας των ανθρώπων της Εποχής του Λίθου μέσω κατάλληλων τελετουργικών (Geller, 2010).

Μια ζωγραφιά σπηλαίων ενός ανθρώπου που θεωρείται ιατρός της Εποχής του Λίθου και χρονολογείται από περίπου 15.000 π.Χ. βρίσκεται στα τοιχώματα σπηλαίων της σπηλιάς Les Trois Freres στα Πυρηναία (Geller & Cohen, 1995). Οι άνδρες θα είχαν κατά πάσα πιθανότητα συμπληρώσει τα ξόρκια και τις τελετουργίες τους με τη χρήση διαφόρων βοτάνων, ριζών, φύλλων και ζωικών μερών και άλλων φαρμάκων. Δεδομένης της φυσικής τάσης του σώματος να αυτοθεραπεύεται και των επιδράσεων του εικονικού φαρμάκου, θα ήταν δύσκολο για τους προ-ιστορικούς θεραπευτές να υπολογίσουν αν τα ξόρκια και τα βότανά τους όντως λειτουργούσαν. Μόνο τα τελευταία χρόνια με τα σύγχρονα γραπτά αρχεία, τις στατιστικές τεχνικές και τις

διπλές τυφλές μελέτες στις οποίες συμμετέχουν ομάδες ελέγχου, μπορεί να είναι ευλόγως σαφές εάν ένα συγκεκριμένο φάρμακο λειτουργεί (Sacramento, 2004).

2.1. Κινέζικη και Ινδική Ιατρική

Η πρόιμη κινέζικη ιατρική, όπως και οι περισσότεροι αρχαίοι πολιτισμοί, υπέθεσε πως οι ασθένειες προκλήθηκαν από τους θεούς ή τους δαίμονες. Οι σωστές θεραπείες για την ασθένεια περιελάμβαναν τελετουργικές εξορκισμούς και εκκλήσεις στους Θεούς. Μια πιο φυσική εξήγηση της ασθένειας αναπτύχθηκε με την πίστη στο Γιν και το Γιανγκ (Cai & Zhen, 2003). Η ανθρώπινη υγεία εξαρτιόταν από την ισορροπία μεταξύ Γιν και Γιανγκ. Άλλοι παράγοντες που προκάλεσαν την ασθένεια ήταν ο άνεμος, η βροχή, το λυκόφως και η φωτεινότητα της ημέρας, οπότε υπήρχαν συνολικά έξι παράγοντες που προκαλούσαν την ασθένεια. Η κινεζική πίστη σχετικά με τα εσωτερικά όργανα ήταν σε μεγάλο βαθμό εσφαλμένη. Πίστευαν ότι υπήρχαν πέντε "σταθερά" όργανα που δρούσαν ως όργανα λήψης και ήταν απέναντι από πέντε "κοίλα" όργανα που εξυπηρετούσαν τον σκοπό της εκκένωσης (Fung & Linn, 2015). Τα σταθερά όργανα ήταν η καρδιά, η σπλήνα, οι πνεύμονες, το ήπαρ και οι νεφροί. Η καρδιά θεωρήθηκε το μέρος της σοφίας και της κρίσης, ενώ το ήπαρ και οι πνεύμονες σχετιζόνταν με την ψυχή. Ο δεξιός νεφρός του αρσενικού θεωρήθηκε πηγή σπέρματος και η σχέση του με τη διέλευση των ούρων δεν έγινε κατανοητή. Τα κοίλα όργανα ήταν η κύστη, η χοληδόχος κύστη, το κόλον, το λεπτό έντερο και το στομάχι (Cai & Zhen, 2003).

Η ινδική ιατρική ξεκίνησε με την πεποίθηση ότι η ασθένεια προκλήθηκε από τους Θεούς ή τους δαίμονες και ήταν τιμωρία για κακή συμπεριφορά. Η Ινδία ανέπτυξε τη χειρουργική επέμβαση σε υψηλότερο επίπεδο, από οποιονδήποτε άλλο αρχαίο πολιτισμό. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η απαγόρευση της ανθρώπινης ανατομής που υπήρχε στην Ευρώπη, την Κίνα και τον αραβικό κόσμο δεν υπήρχε στην Ινδία. Αυτό επέτρεψε στους Ινδούς γιατρούς να αποκτήσουν καλή γνώση των ανθρώπινων οστών, των μυών, των αιμοφόρων αγγείων και των αρθρώσεων (Saini, 2016). Πραγματοποιήθηκε ευρύ φάσμα χειρουργικών επεμβάσεων, συμπεριλαμβανομένης της πλαστικής χειρουργικής σε άτομα που είχαν ακρωτηριαστεί ως μέρος νομικής τιμωρίας. Η Ινδία είναι μια χώρα με πολλές ασθένειες και οι Ινδοί γιατροί ήταν εξοικειωμένοι με 1.120 από αυτές. Μάντεψαν τη σχέση μεταξύ της ελονοσίας και των κουνουπιών, παρατήρησαν ότι η πανούκλα επισκιάστηκε από τον θάνατο μεγάλου αριθμού αρουραίων και ότι οι μύγες θα μπορούσαν να μολύνουν τα τρόφιμα

προκαλώντας εντερικές ασθένειες. Γνώριζαν επίσης ότι η καθαριότητα θα μπορούσε να βοηθήσει στην πρόληψη των ασθενειών.

2.2. Η Ιατρική στην Αρχαία Ελλάδα και τη Ρωμαϊκή Εποχή

Η ελληνική ιατρική εξήγαγε τις παλαιότερες πεποιθήσεις και πρακτικές της από την Αίγυπτο και τη Δυτική Ασία. Η ελληνική ιατρική αργότερα εξαπλώθηκε στη Μεσόγειο κατά τη διάρκεια της Ρωμαϊκής εποχής και επρόκειτο να αποτελέσει τη βάση των ιατρικών γνώσεων της Μεσαιωνικής Ευρώπης. Η γνώση μας για τα ελληνικά φάρμακα προέρχεται κυρίως από τα Ιπποκρατικά γραπτά και από τα γραπτά του Γαληνού του δεύτερου αιώνα π.Χ. Το παλαιότερο ελληνικό φάρμακο βασιζόταν στη θρησκεία. Ο Ασκληπιός, ο γιος του Απόλλωνα, ήταν σε θέση να θεραπεύσει ασθένειες και οι ασθενείς που κοιμόντουσαν στα ιερά, έβλεπαν τον Θεό στα όνειρά τους και λάμβαναν συμβουλές για κατάλληλες θεραπείες. Γύρω στον έκτο αιώνα, η ελληνική ιατρική άρχισε να αλλάζει με μεγαλύτερη έμφαση στις ορθολογικές εξηγήσεις ασθενειών που αφορούν φυσικά και όχι υπερφυσικά αίτια (Antoniou et al., 2010).

Τα Ιπποκρατικά γραπτά, πιθανότατα γραμμένα από αρκετούς συγγραφείς, υπαινίχθηκαν ότι τα υγρά ήταν το ζωτικό στοιχείο σε όλα τα ζωντανά πράγματα. Το ανθρώπινο σώμα περιείχε τέσσερα υγρά, φλέγμα, κίτρινη χολή, μαύρη χολή και αίμα. Η νόσος προκλήθηκε από την ανισορροπία αυτών των υγρών στον οργανισμό. Μια τέτοια ανισορροπία θα μπορούσε να προκληθεί από τον καιρό ή από ακραίες συμπεριφορές όπως η υπερβολική κατανάλωση φαγητού ή η υπερβολική κατανάλωση οινοπνεύματος (Antoniou et al., 2010). Η ιατρική πρακτική της αιμορραγίας, η οποία έπρεπε να διατηρηθεί για αρκετές χιλιάδες χρόνια, προήλθε από την πεποίθηση ότι υπήρχε υπερβολική ποσότητα αίματος που θα μπορούσε να θεραπευθεί με την απελευθέρωση κάποιου αίματος από τον οργανισμό. Η σωστή διατροφή, το μπάνιο, η άσκηση, ο ύπνος και το σεξ θα εμπόδιζαν την ασθένεια. Σύμφωνα με τον Ιπποκράτη, το σεξ θα πρέπει να είναι συχνότερο το χειμώνα και οι μεγαλύτεροι άνδρες θα πρέπει να κάνουν σεξ συχνότερα από τους νεότερους άνδρες. Ο ίδιος θεώρησε ότι η επιληψία προκλήθηκε από υπερβολική ποσότητα φλέγματος (Jouanna, 2012).

Ο Ιπποκράτης, ωστόσο, δεν μας λέει πολλά για τις μολυσματικές ασθένειες και την ανατομία, επειδή η ανατομή των πτωμάτων ήταν ταμπού, καθώς θεωρούνταν

παραβίαση της ιερότητας του ανθρώπινου σώματος. Το ταμπού της κλασικής εποχής για τον ανθρώπινο διαμελισμό οδήγησε σε ορισμένες εντελώς εσφαλμένες απόψεις του ανθρώπινου σώματος. Ο Αριστοτέλης θεωρούσε ότι η καρδιά ήταν το σημείο όπου βρισκόταν η ψυχή και ήταν το κέντρο της σκέψης, της αίσθησης και των ελεγχόμενων σωματικών κινήσεων και ότι ο εγκέφαλος έδωσε ψυχή στην καρδιά και το αίμα. Ωστόσο, υπήρξε μια σύντομη περίοδος στην Αλεξάνδρεια, όπου λόγω της αρχαίας αιγυπτιακής πρακτικής της ταρίχευσης και της πιο πρόσφατης πλατωνικής άποψης ότι η ψυχή και όχι το σώμα ήταν ιερές, επιτράπηκε η ανθρώπινη ανατομή (Antonίου et al., 2010).

Ο Ηρόφιλος και ο Ερασίστρατος πραγματοποίησαν διατομές που τους οδήγησαν να ανακαλύψουν τα νεύρα που οδηγούν στον εγκέφαλο. Ανακάλυψαν ότι υπήρχαν δύο διαφορετικά είδη νεύρων, το ένα, που ασχολούνταν με την αίσθηση της αίσθησης και το άλλο με την κίνηση του σώματος (Tipton, 2014). Οι ίδιοι ανακάλυψαν τον εγκέφαλο και την παρεγκεφαλίδα και πρότειναν ότι ο έντονα διπλωμένος ανθρώπινος εγκέφαλος υποδείκνυε στους ανθρώπους μεγαλύτερη ευφυΐα σε σύγκριση με τα ζώα. Επίσης, θεώρησαν ότι οι πνεύμονες πήραν αέρα ο οποίος στη συνέχεια μεταφέρθηκε στις αρτηρίες, οι φλέβες κρατούσαν αίμα και η καρδιά λειτουργούσε σαν φυσαλίδα (Antonίου et al., 2010).

Μετά από σημαντικές ανακαλύψεις που μπορούσαν να γίνουν μόνο από ανθρώπινη ανατομή, το ταμπού κατά της ανατομής αυξήθηκε και πάλι καθυστερώντας την περαιτέρω πρόοδο μέχρι τον 16ο αιώνα (Marganne & de Haro Sanchez, 2014). Μέχρι τότε, η γνώση του εσωτερικού του ανθρώπινου σώματος μπορούσε να γίνει μόνο από την εξωτερική του συμπεριφορά ή σε σύγκριση με την ανατομία των ζώων. Δυο ακόμα θεωρίες που δημιουργήθηκαν από τους αρχαίους Έλληνες ήταν η μεθοδική θεωρία και η πνευματική θεωρία. Η μεθοδική θεωρία έκρινε ότι η ασθένεια προκαλείται από διαταραχή των ατόμων του σώματος και η θεραπεία συνεπάγεται τον χειρισμό του σώματος με μασάζ, μπάνιο ή άσκηση. Η πνευματική θεωρία θεωρούσε την αναπνοή ως κρίσιμο παράγοντα για την ανθρώπινη υγεία (Tipton, 2014)

2.3. Η Θεωρία των Μικροβίων για την Ασθένεια

Το πρώτο άτομο που είδε τους μικροοργανισμούς ήταν ο Anthony Leeuwenhoek (1632-1723) ένας Ολλανδός ναρκαλιευτής, ο οποίος ήταν ειδικός στην κατασκευή

μικροσκοπίων. Τα μικροσκόπια του έδωσαν ένα βαθμό μεγέθυνσης που δεν ξεπεράστηκε μέχρι τον 19ο αιώνα και τα χρησιμοποίησε για να παρατηρήσει μια μεγάλη ποικιλία φαινομένων. Το 1675 και το 1676 κοίταξε τις σταγόνες του βρόχινου νερού και βρήκε μικρά ζώα μέσα στο νερό. Αυτά τα ζώα θα περιελάμβαναν αυτό που ονομάζουμε βακτήρια και άλλους μικροοργανισμούς. Το 1683 ο Leeuwenhoek κοίταξε την πλάκα από τα δόντια του και διαπίστωσε ότι περιείχε μεγάλο αριθμό μικρών ζώων, τα οποία μπορούσε να σκοτώσει η κατανάλωση θερμού ροφήματος (Jones et al., 2013).

Ο Agostino Bassi διερεύνησε κατά πόσο οι μικροοργανισμοί προκάλεσαν τις ασθένειες. Το 1835 έδειξε ότι η νόσος των μεταξοσκωλήκων, η μουσκαρίνη, προκλήθηκε από βακτήρια. Όταν ενοφθαλμάτισε υγιείς μεταξοσκώληκες με τα βακτήρια, παρήγαγε την ασθένεια στους μεταξοσκώληκες, πράγμα που υποδηλώνει ότι οι ασθένειες μπορεί να προκληθούν από βακτήρια. Τα ζητήματα της αυθόρμητης γενεάς και του κατά πόσον οι μικροοργανισμοί έπαιζαν κάποιο ρόλο στην πρόκληση ασθενειών τελικά διευθετήθηκαν από τον Louis Pasteur, ο οποίος επρόκειτο να δείξει ότι η ζύμωση στο κρασί, ο καθαρισμός του κρέατος και η μόλυνση από ανθρώπινες ασθένειες, όλες ενέπλεκαν την ίδια διαδικασία και προκαλούνται από τις δραστηριότητες των μικροοργανισμών (Anitha et al., 2012).

Οι μικροοργανισμοί δεν δημιουργήθηκαν από τη φθίνουσα ύλη, αλλά ήταν συνεχώς παρόντες στον αέρα και όταν ήταν παρόντες σε μεγάλο αριθμό και είχαν ασυνήθιστη δύναμη θα μπορούσαν να προκαλέσουν τη διάσπαση της ύλης και την ασθένεια των ανθρώπων. Ο Pasteur ξεκίνησε με ζύμωση στο κρασί. Εκείνη την εποχή, χημικοί όπως ο Wohler και ο Justus von Liebig πρότειναν ότι η ζύμωση ήταν αποκλειστικά μια χημική διαδικασία με ζωντανούς οργανισμούς που δεν έπαιζαν κανένα ρόλο στη διαδικασία. Η ζύμωση στο κρασί ήταν πρόβλημα, καθώς μερικές φορές η ζύμωση πήγαινε στραβά και χαλούσε το κρασί (Dhillon et al., 2014).

Ο Pasteur έδειξε ότι η ζύμωση προκλήθηκε από μικροοργανισμούς στη ζύμη και ότι τα κύτταρα της ζύμης παράγουν καλό κρασί, αλλά τα μακρά κύτταρα της ζύμης δημιούργησαν γαλακτικό οξύ, το οποίο προκάλεσε ξίνισμα του οίνου. Ο Pasteur έδειξε ότι αν το κρασί θερμαινόταν, θα σταματούσε το ξίνισμα και στη συνέχεια άρχισε να ερευνά την καθαρότητα στο κρέας με ένα πείραμα που επέτρεψε στον αέρα να φτάσει σε βρασμένο κρέας μέσω ενός κυματιστού σωλήνα σχήματος u. Το κρέας δεν καθαρίστηκε και ο Pasteur θεώρησε ότι αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα

σωματίδια σκόνης που περιείχαν τους μικροοργανισμούς πιάστηκαν στη χαμηλή κάμψη του σωλήνα, καθώς δεν μπορούσαν να μετακινηθούν επάνω στο σωλήνα λόγω της βαρύτητας (Stubbenieck et al., 2016).

Οι μικροοργανισμοί δεν έφτασαν στο κρέας, παρόλο που ήταν εκτεθειμένοι στον αέρα, οπότε το κρέας δεν καθαρίστηκε. Αυτό έδειξε ότι δεν ήταν ο αέρας που προκαλούσε καθαρισμό, αλλά οι μικροοργανισμοί στον αέρα. Στη συνέχεια, ο Pasteur άρχισε να ερευνά ασθένειες σε ζωντανούς οργανισμούς, πρώτα με μεταξοσκώληκες και έπειτα με άνθρακα που προσβάλλει τα πρόβατα και τα βοοειδή και περιστασιακά ανθρώπους (Dhillon et al., 2014). Ο ίδιος έδειξε ότι η θανάτωση των μεταξοσκώληκων είχε προκληθεί από δύο διαφορετικά είδη μικροοργανισμών που προκάλεσαν δύο διαφορετικές ασθένειες στους μεταξοσκώληκες. Όσον αφορά τον άνθρακα, ήταν ήδη γνωστό ότι το αίμα των βοοειδών, που είχε πεθάνει από άνθρακα, περιείχε μικροοργανισμούς και ότι αυτοί οι μικροοργανισμοί ήταν η αιτία της νόσου (Jones et al., 2013).

2.4. Ιατρικές Στατιστικές

Η χρήση στατιστικών στην ιατρική για τον προσδιορισμό της αιτίας της ασθένειας ή της επιτυχίας της θεραπείας έχει σχετικά σύντομο ιστορικό. Στο παρελθόν, οι αιτίες της νόσου και η επιτυχία των θεραπειών αποφασίζονταν συνήθως από τους ιατρούς από προσωπική εμπειρία με τους ασθενείς, η οποία, υποθέτοντας ότι οι γιατροί είχαν παρόμοιες εμπειρίες, οδήγησε σε αποδεκτές πεποιθήσεις ως προς την αποτελεσματικότητα των θεραπειών και τις αιτίες της νόσου. Οι πεποιθήσεις θα καταγράφονταν σε έγκυρα ιατρικά κείμενα και σε πολλές περιπτώσεις θα αποτελούσαν ένα είδος ιατρικού δόγματος (Kanda, 2013).

Η αμφισβήτηση του δόγματος θα μπορούσε να περιλαμβάνει κατηγορίες για ανορθόδοξες απόψεις που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε κακές πρακτικές που θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο τη ζωή των ασθενών. Η ιδέα της διεξαγωγής δοκιμών, για να δοκιμαστεί η αποτελεσματικότητα των ιατρικών θεραπειών, προτάθηκε από τον επιστήμονα, Johannes van Helmont και τον φιλόσοφο George Berkeley. Η πρώτη γνωστή δοκιμή για την αξιολόγηση της αιτίας μιας ασθένειας φαίνεται να έχει γίνει από τον James Lind σε μια προσπάθεια να ανακαλύψει την αιτία του σκορβούτου, που σκότωνε πολλούς ναυτικούς σε μεγάλα θαλάσσια ταξίδια. Ο Lind πήρε 12 ασθενείς με σκορβούτο και τους χώρισε σε 6 ομάδες των 2 και κάθε

ομάδα έλαβε ένα διαφορετικό συμπλήρωμα διατροφής. Οι δύο ναύτες που τους έδωσαν πορτοκάλια και λεμόνια ανέκαμψαν γρήγορα και οι άλλοι όχι (Xiaobin, 2011).

2.5. Τεχνολογία Διάγνωσης

Ο εικοστός αιώνας γνώρισε την ανάπτυξη μιας σειράς νέων τεχνολογιών που επέτρεψαν στους γιατρούς να δουν μέσα στο ανθρώπινο σώμα. Οι τεχνολογίες ξεκίνησαν με τις ακτίνες X, και στη συνέχεια αναπτύχθηκαν σαρωτές CT, σαρωτές PET και σαρωτές MRI. Αυτές οι τεχνολογίες επέτρεψαν σε γιατρούς να δουν μέσα στο σώμα από έξω, ενώ άλλες τεχνολογίες όπως η ενδοσκόπηση επέτρεψαν σε γιατρούς να εισβάλουν στο σώμα με μικροσκοπικές κάμερες για να παρατηρήσουν την κατάσταση του εσωτερικού των σωμάτων των ασθενών. Οι ακτινογραφίες ανακαλύφθηκαν για πρώτη φορά από τον Wilhelm Roentgen το 1895. Ο Roentgen πειραματιζόταν με ένα σωλήνα Crookes, ένα γυάλινο σωλήνα που αφαιρεί τον αέρα για να δημιουργήσει ένα κενό και με ηλεκτρόδια για να επιτραπεί η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος μέσα στο σωλήνα (Fiocchi et al., 2010).

Η χρήση ακτινογραφιών στην ιατρική επεκτάθηκε σημαντικά με την πρόσληψη αντιφατικών μέσων όπως άλατα βαρίου και διαλύματα ιωδίου. Το βάριο καθιστά δυνατή τη λήψη ακτινογραφιών του παχέος εντέρου και του στομάχου και του οισοφάγου. Το ιώδιο επιτρέπει την ακτινογραφία των νεφρών και της ουροδόχου κύστης, καθώς και την πραγματοποίηση αγγειογραφιών. Η αγγειογραφία παρέχει μια εικόνα του αίματος εντός των αρτηριών και των φλεβών που θα αποκαλύψει απόφραξη και άλλα προβλήματα εντός των αρτηριών και των φλεβών. Η χρήση καθετήρων επιτρέπει την έγχυση σκιαγραφικών υλικών στην καρδιά επιτρέποντας ακτινογραφίες των εσωτερικών δομών της καρδιάς (Foote, 2010).

Οι ακτινογραφίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση όγκων, καρκίνων και κύστεων. Μια περαιτέρω ενίσχυση της τεχνολογίας ακτίνων X συνοδεύτηκε από την ανάπτυξη σαρωτών CT ή CAT. Ο σαρωτής CT χρησιμοποιεί ακτινογραφίες, ανιχνευτές φωτονίων και υπολογιστές για να δημιουργήσει εικόνες διατομής ή τομογραφίες του ανθρώπινου σώματος. Το 1963 ο Allan Cormack εφηύρε ένα βελτιωμένο μηχάνημα ακτίνων X χρησιμοποιώντας υπολογιστές, έναν αλγόριθμο και τομογραφίες. Το 1972 ο Godfrey Hounsfield εφηύρε την αξονική τομογραφία ή τον ηλεκτρονικό τομογράφο, ο οποίος επέτρεψε να ληφθούν πολλές ακτίνες X, από

πολλαπλές γωνίες λεπτών τμημάτων του ανθρώπινου σώματος και ανιχνευτές απέναντι από τους σωλήνες ακτίνων X που θα συλλέγουν τα δεδομένα, τα οποία μετατράπηκαν σε ψηφιακά δεδομένα και τα οποία στη συνέχεια μετατράπηκαν από έναν αλγόριθμο, ένα σύνολο μαθηματικών οδηγιών, από έναν υπολογιστή σε ακτινογραφίες (Fiocchi et al., 2010).

Ο σαρωτής CT θα μπορούσε να δώσει τρισδιάστατες εικόνες του σώματος και να παρέχει πολύ καλύτερη ανάλυση από τις συνήθεις εικόνες ακτίνων X. Μπορεί να εμφανίσει μαλακούς ιστούς και υγρά μέρη του εγκεφάλου και μπορεί να εμφανίσει όγκους μεγέθους ενός ή δύο χιλιοστών. Οι σαρωτές CT έχουν υποστεί μια σειρά βελτιώσεων που αφορούν διάφορες γενιές σαρωτών. Στους προηγούμενους σαρωτές, η ακτίνα ακτινοβολίας δεν είχε το πλάτος και τον αριθμό των ανιχνευτών για να καλύψει ολόκληρη την περιοχή ενδιαφέροντος που απαιτούσε πολλαπλές σαρώσεις για την παραγωγή μιας κατάλληλης εικόνας (Foote, 2010).

Στους επόμενους σαρωτές χρησιμοποιήθηκε μεγαλύτερη ακτίνα ακτινοβολίας και περισσότεροι ανιχνευτές για τη μείωση του χρόνου σάρωσης. Η ενδοσκόπηση, επίσης γνωστή ως λαπαροσκόπηση, περιλαμβάνει την εισαγωγή ενός οργάνου στο σώμα είτε μέσω των φυσικών εισόδων του σώματος είτε μέσω μιας μικρής οπής που έχει κοπεί χειρουργικά στο σώμα. Το όργανο χρησιμοποιείται για την παρατήρηση των εσωτερικών δομών του σώματος και μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για χειρουργική επέμβαση με μικροσκοπικά όργανα στο τέλος του ενδοσκοπίου που χειρίζεται ο χειρουργός μέσω του ενδοσκοπίου. Η ενδοσκόπηση χρονολογείται από τα τέλη του δέκατου ένατου αιώνα αλλά δεν χρησιμοποιήθηκε ευρέως, καθώς οι απόψεις που παρείχε για το εσωτερικό του σώματος ήταν πολύ κακές για πρακτική χρήση (Fiocchi et al., 2010).

2.6. Σύγχρονη Χειρουργική

Η χειρουργική επέμβαση, πριν από την εισαγωγή αναισθητικών και αντισηπτικών και άσηπτων πρακτικών, περιοριζόταν σε ένα μικρό εύρος επεμβάσεων, από τις οποίες ο ακρωτηριασμός άκρου ήταν μακράν ο πιο συνηθισμένος. Οι ταχύτερες επεμβάσεις ήταν δυνατές μόνο χωρίς αναισθητικά και τα ποσοστά θνησιμότητας από λοιμώξεις ήταν τεράστια πριν από την εισαγωγή αντισηπτικών πρακτικών (van den Bremer & Moll, 2010). Η εισαγωγή ενδυμάτων, μασκών, λαστιχένιων γαντιών και η αποστείρωση οργάνων μείωσε δραματικά το ποσοστό θνησιμότητας κατά τη

χειρουργική επέμβαση. Η χειρουργική επέμβαση της κοιλίας κατέστη δυνατή μόνο με αναισθητικά και αντισηπτικά. Ο Christian Billroth (1829-94) ηγήθηκε επιχειρήσεων σε αυτόν τον τομέα (Van Der Linden et al., 2013). Οι εργασίες για την αφαίρεση του σκέλους και το κλείσιμο διάτρητου γαστρικού έλκους άρχισαν να εκτελούνται στα τέλη του 19ου αιώνα. Η εγχείρηση εγκεφάλου ξεκίνησε με τον Sir William Macewan (1848-1924) στη Γλασκόβη και ο Macewan ανέπτυξε επίσης επιχειρήσεις για την αντιμετώπιση ασθενειών των οστών (van den Bremer & Moll, 2010).

Η πλαστική χειρουργική επρόκειτο να σημειώσει μεγάλη πρόοδο τον 20ο αιώνα, από τους δύο Νεοζηλανδούς Harold Gilles and Archibald McIndoe. Η πλαστική χειρουργική χρονολογείται από την αρχαιότητα και εφαρμόστηκε στην προ-βρετανική Ινδία και την Αναγέννηση της Ευρώπης όταν χρησιμοποιήθηκε για την αντιμετώπιση της τρομερής ζημίας που προκλήθηκε από τη σύφιλη. Κατά τη διάρκεια του Παγκοσμίου Πολέμου ο Gilles έκανε πλαστική χειρουργική επέμβαση στα άσχημα διαμορφωμένα πρόσωπα στρατιωτών και ναυτικών. Ανέπτυξε μια εγχείρηση όπου ένα δερματικό πτερύγιο κόπηκε από το άνω μέρος του βραχίονα, το ένα άκρο του πτερυγίου που παραμένει συνδεδεμένο με το βραχίονα και το άλλο άκρο χυτεύτηκε πάνω από τη μύτη και στη συνέχεια ράφτηκε κάτω. Μετά από αρκετές εβδομάδες, το δέρμα που έχει ραφθεί θα μπορούσε να κοπεί και να ραφτεί στο πρόσωπο. Όταν οι τραυματίες δεν είχαν καθόλου δέρμα προσώπου, ο Gilles πήρε το δέρμα από την κοιλιά κυλώντας το πάνω στο στήθος και ράβοντας ένα άκρο στο πρόσωπο. Το σύστημα αυτό περιελάμβανε δύο εγχειρήσεις, καθώς αν το δέρμα αφαιρούνταν από την περιοχή του δότη προτού να έχει έρθει στο πρόσωπο, θα πέθαινε λόγω έλλειψης αιμάτωσης (Van Der Linden et al., 2013)

Οι τεχνικές αυτές αναπτύχθηκαν περαιτέρω από τον Archibald McIndoe ενώ λειτουργούσαν σε πιλότους της πολεμικής αεροπορίας τραυματισμένους στον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο. Τα πρώτα πειράματα με μεταμοσχεύσεις οργάνων έγιναν από τον Alexis Carrel στις αρχές του 20ού αιώνα ο οποίος πραγματοποίησε διάφορες μεταμοσχεύσεις σε ζώα που αποκάλυψαν το πρόβλημα της απόρριψης όταν το μεταμοσχευθέν όργανο απορρίφθηκε από το σώμα του ζώου που λάμβανε το φάρμακο. Το πρόβλημα της απόρριψης ερευνήθηκε από τον Peter Medawar, όταν παρατήρησε ότι τα δερματικά προσχέδια που λαμβάνονται από δότη θα διαρκούσαν

δέκα ημέρες πριν την απόρριψη, ενώ ένα επακόλουθο δερματικό προσχέδιο από τον ίδιο δότη απορρίφθηκε αμέσως (Van Der Linden et al., 2013).

Όταν ο οργανισμός πάσχει από λοίμωξη από βακτήρια ή ιούς αρχικά χρειάζεται χρόνος για να αναγνωριστεί ο εισβάλλον οργανισμός πριν το ανοσοποιητικό σύστημα επιτεθεί στον εισβάλλοντα οργανισμό. Σε περίπτωση επακόλουθης επίθεσης από τον ίδιο οργανισμό, ο οργανισμός δέχεται αμέσως επίθεση επειδή το ανοσοποιητικό σύστημα τον αναγνωρίζει ως ξένο υλικό λόγω της προηγούμενης επαφής του με τον ιό ή τα βακτήρια. Ο τρόπος με τον οποίο η πρώτη απόρριψη διαρκεί κάποιο χρόνο αλλά μια δεύτερη απόρριψη του ίδιου υλικού συμβαίνει αμέσως οδήγησε το Medawar να συνειδητοποιήσει ότι το ανοσοποιητικό σύστημα απέρριψε τη μεταμόσχευση με τον ίδιο τρόπο που επιτέθηκε σε εισβάλλοντα βακτήρια και ιούς.

Οι βελτιώσεις στην ιατρική και την υγιεινή οδήγησαν σε άτομα που ζούσαν περισσότερο και σε αυξανόμενη έκθεση στις ασθένειες των ηλικιωμένων. Η αρθρίτιδα έγινε πολύ πιο συνηθισμένη στον εικοστό αιώνα από πριν. Η αρθρίτιδα του ισχίου ήταν ιδιαίτερα ένα πρόβλημα που προκάλεσε συνεχή και σοβαρό πόνο στους ασθενείς και σημαντική μείωση της κινητικότητας. Ο πόνος προκλήθηκε από το τρίψιμο του οστού στο ισχίο λόγω της διάβρωσης του χόνδρου μεταξύ των οστών. Έγιναν ορισμένες προσπάθειες για την παροχή τεχνητών γοφών κατά τη δεκαετία του 1930 και του 1940, αλλά καμία δεν ήταν ιδιαίτερα επιτυχημένη. Μια μεγάλη δυσκολία ήταν ότι το ισχίο πρέπει να διατηρήσει το βάρος του σώματος καθώς και να είναι πλήρως κινούμενο. Ο John Charnley εξέτασε το πρόβλημα και κατέληξε σε τρεις καινοτομίες που επρόκειτο να οδηγήσουν σε ένα πρακτικό τεχνητό γοφό. Επανασχεδίασε την υποδοχή, έφτιαξε το τεχνητό ισχίο στα οστά με ακρυλικό τσιμέντο και λίπανε την άρθρωση πρώτα με Teflon και μετά όταν αυτό απέτυχε με πολυαιθυλένιο. Το νέο τεχνητό ισχίο του Charnley ήταν μια εξαιρετική επιτυχία και η εγχείρηση αντικατάστασης ισχίου επρόκειτο να γίνει μια κοινή επιχείρηση στα τέλη του 20ου αιώνα (Dudrick, 2010)..

3. Η Έννοια της Ρομποτικής

Το ρομπότ είναι ένα είδος εξοπλισμού αυτοματισμού που συνδυάζει προηγμένες τεχνολογίες πολλαπλών κλάδων, όπως μηχανήματα, ηλεκτρονικά συστήματα, έλεγχο, υπολογιστές, αισθητήρες και τεχνητή νοημοσύνη. Είναι μια τεχνολογία αυτοματισμού και μπορεί να εκτελέσει ορισμένες εργασίες υπό μη επανδρωμένη κατάσταση μέσω προγραμματισμού. Δηλαδή, το ρομπότ μπορεί να λάβει οδηγίες από τον χειριστή και στη συνέχεια να εκτελέσει την εντολή ανεξάρτητα. Επιπλέον, το ρομπότ είναι μία από τις μορφές “Τεχνητής Νοημοσύνης (Artificial Intelligence – AI)”. Ο Αναλυτής Mimi An το περιγράφει ως "τεχνολογία ικανή να κάνει πράγματα όπως ο άνθρωπος – ανεξάρτητα από τη συνομιλία, το όραμα και τη μάθηση, ή την κοινωνική επαφή και τα συμπεράσματα", όπως ακριβώς οι εφαρμογές AI Siri και Google Assistant που βρίσκονται στα iPhone. Ως εκ τούτου, η βιομηχανία ρομπότ, ως βιομηχανία αναδυόμενων τεχνολογιών, έχει καταστεί ένα από τα σημαντικά σημάδια για την αξιολόγηση του επιπέδου μιας χώρας στην επιστήμη και την τεχνολογική καινοτομία και τις κατασκευές υψηλών προδιαγραφών, και ένας σημαντικός στρατηγικός τομέας για την εκμετάλλευση ευκαιριών στην ανάπτυξη μιας έξυπνης κοινωνίας (Shi, 2014). Οι αναπτυγμένες χώρες και περιοχές όπως οι ΗΠΑ, η Ιαπωνία, το Ηνωμένο Βασίλειο και η Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν διαμορφώσει τις στρατηγικές “Έρευνας και Ανάπτυξης (Research and Development – R&D)” και τον προγραμματισμό των ρομπότ. Η Κίνα διαθέτει καλά βιομηχανικά θεμέλια και έχει σημειώσει ενθαρρυντική πρόοδο στην πορεία ανάπτυξης της τεχνολογίας ρομπότ.

3.1. Ιστορική Αναδρομή της Ρομποτικής

3.1.1. Αρχικό Στάδιο Ανάπτυξης (1910-1960)

Πρώτα, η λέξη "Ρομπότ" δημιουργήθηκε από τον Karel Capek, Τσεχοσλοβάκο συγγραφέα, το 1910. Στην επιστημονική του φαντασία, χρησιμοποίησε για πρώτη φορά τη λέξη "Ρομπότ" με βάση τη Ρομπότα για το "Hard Work and Manual Work" και το Robotnik για το "Worker". Η Παγκόσμια Έκθεση της Νέας Υόρκης το 1911 στις ΗΠΑ παρουσίασε το εγχώριο ρομπότ Elektro που κατασκευάστηκε από την Westinghouse Electric Corporation. Το Elektro ελέγχονταν με καλώδιο και μπορούσε να περπατήσει, να πει 77 λέξεις και ακόμη να χρησιμοποιεί τσιγάρο, κάνοντας το όνειρο των ανθρώπων για το ρομπότ στο σπίτι πιο συγκεκριμένο (Li et al., 2013). Το

1914, ο Αμερικανός George Devol κατασκεύασε το πρώτο προγραμματιζόμενο ρομπότ στον κόσμο (δηλαδή το πρώτο πραγματικό ρομπότ στον κόσμο) και κατοχύρωσε το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας. Ένα τέτοιο μηχανικό χέρι ήταν εξοπλισμένο με ευστροφία και ευελιξία, και μπορούσε να κάνει διαφορετικές εργασίες σύμφωνα με διαφορετικά προγράμματα. Το 1959, ο Devol και ο Αμερικανός εφευρέτης Joseph Engelberger κατασκεύασαν από κοινού το πρώτο βιομηχανικό ρομπότ. Αργότερα, ίδρυσαν το πρώτο εργοστάσιο παραγωγής ρομπότ Unimation στον κόσμο. Στη μνήμη των συνεισφορών στην R&D, ο Engelberger ονομάστηκε «Πατέρας της Ρομποτικής» (Li et al., 2013).

3.1.2. Στάδιο Μεσοπρόθεσμης Ανάπτυξης (1961-1989)

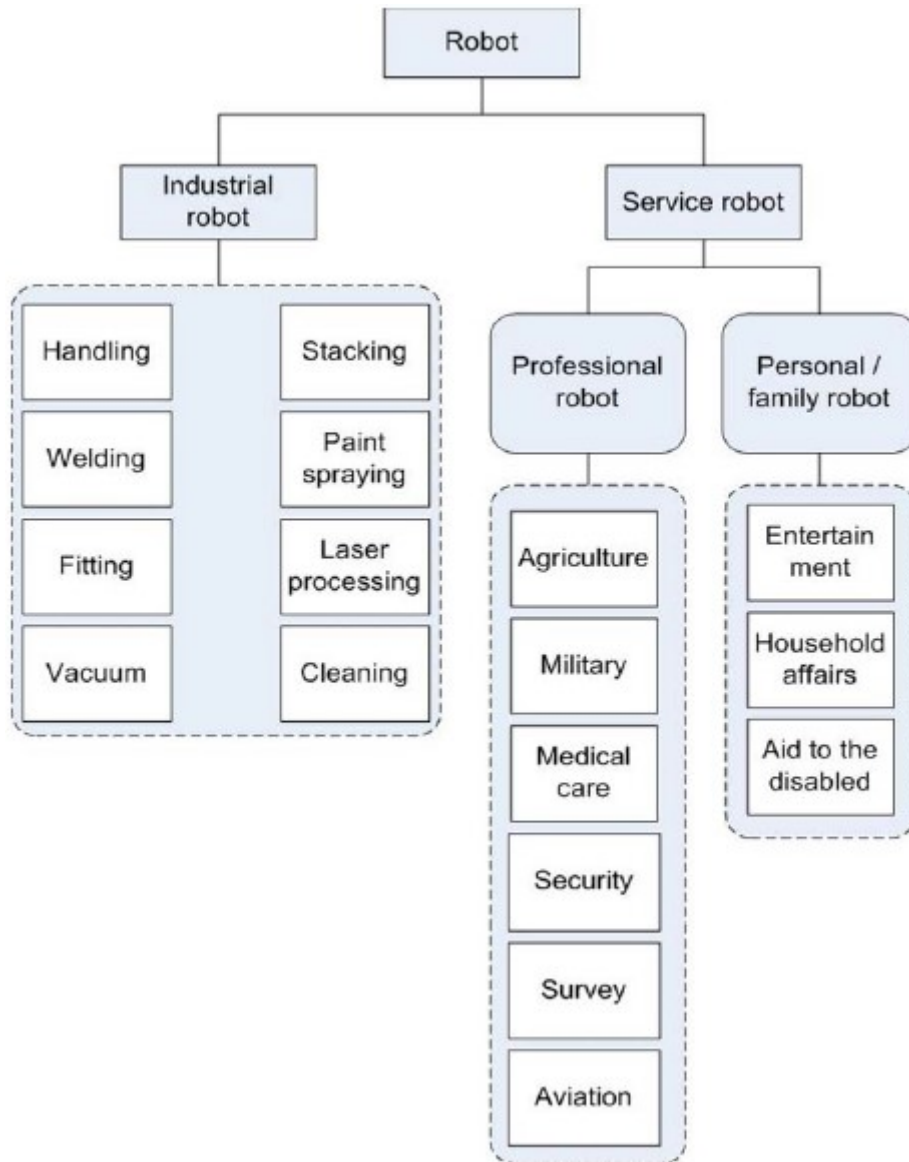
Το 1962, η American AMF Company παρήγαγε το "VERSTRAN" (που σημαίνει "Universal Handling"), το οποίο ήταν ένα εμπορικό βιομηχανικό ρομπότ με την πραγματική έννοια και εξήχθη σε πολλές χώρες του κόσμου. Έτσι ξεκίνησε ένας αγώνας έρευνας για τα ρομπότ σε όλο τον κόσμο. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1960, το Αμερικανικό Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης και το Πανεπιστήμιο του Στάνφορντ και το Βρετανικό Πανεπιστήμιο του Εδιμβούργου δημιούργησαν διαδοχικά εργαστήρια ρομπότ και οι ΗΠΑ ξεκίνησαν μια αύξηση της έρευνας για ρομπότ 2G με αισθητήρα και "αισθήσεις", και ξεκίνησαν προσπάθειες για AI. Το 1968, το Stanford Institute ανακοίνωσε το επιτυχημένο ρομπότ Shakey. Με οπτικό αισθητήρα, ικανό να βρει και να αρπάξει αντικείμενα σύμφωνα με τις οδηγίες του χειριστή, το Shakey θα μπορούσε να θεωρηθεί ως το πρώτο έξυπνο ρομπότ στον κόσμο, αλλά ο υπολογιστής που το ήλεγχε ήταν τόσο μεγάλος όσο ένα δωμάτιο. Το 1969, το εργαστήριο Kato Ichiro του Πανεπιστημίου Waseda της Ιαπωνίας ερεύνησε και ανέπτυξε το πρώτο ρομπότ που περπατούσε με τα δύο πόδια, για το οποίο ο Kato Ichiro φημίστηκε ως "Πατέρας του Ανδρόμορφου Ρομπότ". Το 1973, το ρομπότ συνδυάστηκε αρχικά με τους μικροϋπολογιστές, προωθώντας τη γέννηση του Robot T3 από την American Cincinnati Milacron Company. Το 1978, η American Unimation Company προσέφερε το βιομηχανικό ρομπότ γενικής χρήσης PUMA, σηματοδοτώντας ότι η τεχνολογία βιομηχανικών ρομπότ είχε ωριμάσει εντελώς. Σήμερα, η PUMA εξακολουθεί να εξυπηρετεί γραμμές παραγωγής σε εργοστάσια. Το 1984, η Eagleburger προώθησε περαιτέρω το Robot Helpmate ικανό να παραδώσει τρόφιμα, φάρμακα και μηνύματα σε ασθενείς σε νοσοκομεία (Shi, 2014).

3.1.3. Στάδιο Ταχείας Ανάπτυξης (από το 1990)

Το 1998, η Denmark Lego παρουσίασε κιτ ρομπότ (Mind – storms), καθιστώντας την κατασκευή ρομπότ τόσο εύκολη όσο το χτίσιμο κτιρίων, σχετικά απλή και ικανή να πραγματοποιηθεί μέσω της δωρεάν συναρμολόγησης ανταλλακτικών. Από τότε, το ρομπότ άρχισε να μπαίνει στον ατομικό κόσμο. Το 1999, η Ιαπωνική Sony κυκλοφόρησε το ρομπότ AIBO που μοιάζει με σκύλο, το οποίο εξαντλήθηκε αμέσως. Μετά από αυτό, το ρομπότ ψυχαγωγίας έγινε ένας από τους τρόπους εισόδου του ρομπότ στις οικογένειες. Το 2002, η αμερικανική εταιρεία iRobot παρουσίασε το ρομπότ αφαίρεσης σκόνης Roomba, το οποίο μπορεί να αποφύγει εμπόδια, να σχεδιάσει αυτόματα τη διαδρομή του και να οδηγηθεί αυτόματα στο φορτιστή εάν η ισχύς είναι ανεπαρκής. Η Roomba είναι το εγχώριο ρομπότ με τις υψηλότερες πωλήσεις στον κόσμο. Τον Ιούνιο του 2006, η Microsoft κυκλοφόρησε το Microsoft Robotics Studio, καθιστώντας το ρομπότ όλο και πιο αρθρωτό και ομοιόμορφο. Ο Μπιλ Γκέιτς προέβλεψε ότι το οικιακό ρομπότ θα σαρώνει τον κόσμο πολύ σύντομα (Okamura, Mataric & Christensen – Panels, 2008).

3.2. Εφαρμογές Ρομποτικής Επιστήμης

Όσον αφορά τα πεδία εφαρμογής, το ρομπότ διακρίνεται σε βιομηχανικό ρομπότ και ρομπότ εξυπηρέτησης. Το βιομηχανικό ρομπότ είναι το ρομποτικό μηχανικό χέρι πολλαπλών συνδέσεων ή ρομπότ πολλαπλών βαθμών ελευθερίας για τον βιομηχανικό τομέα, με τυπικές εφαρμογές όπως η συγκόλληση, ο χειρισμός, η συναρμολόγηση, η τοποθέτηση, ο ψεκασμός, η στοίβαξη, η επεξεργασία λέιζερ και ο καθαρισμός. Το ρομπότ εξυπηρέτησης αποτελείται από ημι – αυτόματα ή πλήρως αυτόματα ρομπότ, εκτός από εκείνα της βιομηχανικής παραγωγής, συμπεριλαμβανομένου του επαγγελματικού ρομπότ και του οικογενειακού προσωπικού ρομπότ, εκ των οποίων, το επαγγελματικό ρομπότ περιλαμβάνει αποκλειστικά ρομπότ για γεωργία, στρατιωτική χρήση, ιατρική περίθαλψη, ασφάλεια, έρευνα και την αεροπορική χρήση (ονομάζεται επίσης ειδικό ρομπότ) και το οικιακό ρομπότ προορίζεται για οικιακές υποθέσεις, ψυχαγωγία και βοήθεια στα άτομα με ειδικές ανάγκες (Σχήμα 1) (Okamura et al., 2008).



Σχήμα 1. Ταξινόμηση εφαρμογών ρομπότ

3.2.1. Πεδία Ρομποτικής

Προς το παρόν, ο αριθμός των πεδίων ρομποτικής είναι σχεδόν ανεξάντλητος, καθώς η τεχνολογία ρομπότ εφαρμόζεται σε τόσους τομείς που κανείς δεν μπορεί να ξέρει πόσα και ποια είναι. Μια τέτοια εκθετική ανάπτυξη δεν μπορεί να παρακολουθηθεί πλήρως. Παρακάτω γίνεται προσπάθεια να εντοπιστούν και να συζητηθούν τα πιο εμφανή πεδία εφαρμογής, τα οποία είναι:

- **Ρομποτική Υγειονομικής Περίθαλψης:** Ρομποτική που χρησιμοποιείται στο πλαίσιο της παρακολούθησης/αξιολόγησης του ασθενούς, της παροχής ιατρικών προμηθειών και της παροχής βοήθειας σε επαγγελματίες υγείας σε

μοναδικές ικανότητες καθώς και, Συνεργατικά ρομπότ και ρομποτική που χρησιμοποιούνται για την Πρόληψη (Okamura, Mataric & Christensen – Panels, 2008).

- **Ιατρική και Χειρουργική Ρομποτική:** Συσκευές που χρησιμοποιούνται σε νοσοκομεία για την υποβοήθηση χειρουργικής επέμβασης. Επιτρέπουν μεγάλη ακρίβεια και ελάχιστες επεμβατικές διαδικασίες (Sood & Leichtle, 2013).
- **Διασυνδέσεις Σώματος με Μηχανικά Μέρη:** Μηχανικά μέρη που βοηθούν / αντικαθιστούν τη λειτουργία ακρωτηριασμένων μελών του ανθρώπινου σώματος, ανιχνεύοντας τη βούληση του ασθενή για κίνηση λαμβάνοντας αισθητήρια ανάδραση που μετατρέπει τις ψηφιακά σήματα.
- **Τηλερομποτική:** Εξ αποστάσεως έλεγχος ρομποτικών εφαρμογών που μπορεί να σχετίζονται με την ιατρική, το διάστημα, μέρη όπου οι συνθήκες είναι εξαιρετικά δύσκολες να εργαστεί ο άνθρωπος (Nourbakhsh, 2013).
- **Σάιμποργκ, Εξώσκελετοί:** Τεχνητά μέρη που επιτρέπουν στους χρήστες να αυξήσουν τη φυσική τους δύναμη, βοηθώντας τα άτομα με φυσική αναπηρία για περπατήσουν κλπ (Kajita et al., 2014).
- **Ανθρωποειδή:** Συνδυάζει τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης με ρομπότ που έχουν ανθρώπινη μορφή και λαμβάνουν ανθρώπινες εκφράσεις και αντιδράσεις (Kajita et al., 2014).
- **Βιομηχανική Ρομποτική:** Μηχανικοί βραχίονες, πιάστρες και γενικότερα ρομποτικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση, συναρμολόγηση και γενικότερα για αυτοματοποιημένες βιομηχανικές διεργασίες. Χρησιμοποιείται, επίσης, τόσο για την εξοικονόμηση χρημάτων όσο και για την επιτάχυνση της παραγωγής (Nof, 2008).
- **Ρομπότ Καθαρισμού:** Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται ρομπότ που χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό πατωμάτων, πισινών, κήπων κ.λ.π (Siegwart et al., 2004).
- **Στρατιωτική Ρομποτική:** Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν ρομποτικά συστήματα για την ιχνηλάτηση, την κατασκοπεία, τον έλεγχο της ασφάλειας ή ακόμα και για τα πεδία της μάχης. Μερικά παραδείγματα τέτοιων ρομπότ είναι τα Drones, τα Navigators, Researchers, Warriors (Springer, 2013).
- **Αυτόνομα Οχήματα Ελέγχου Πορείας:** Η Ρομποτική που ασχολείται με την αυτόνομη πλοήγηση σε όλες τις περιπτώσεις, στη γη, στον αέρα και νερό. Σε

αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται ρομπότ υποβρύχια, αυτόνομα αυτοκίνητα ή μη επανδρωμένα αεροσκάφη. (Springer, 2013).

- **Ρομπότ Διαστήματος:** Όλα τα ρομποτ που χρησιμοποιούνται σε διαστημικές αποστολές, επομένως εξαιρετικά ανθεκτικά, ειδικά στην εξερεύνηση και τη συλλογή δεδομένων και υλικού (Springer, 2013).
- **Ρομπότ Ψυχαγωγίας:** Ρομπότ που προορίζονται είτε για παιχνίδια είτε για διαδραστική ρομποτική για παιδιά (Pagliarini & Lund, 2008).
- **Ρομποτική Τέχνης:** Δημιουργική ρομποτική, η οποία δεν στοχεύει σε μια συγκεκριμένη λειτουργικότητα αλλά ακολουθεί κριτήρια ομορφιάς και εννοιολογικής έμπνευσης (Pagliarini & Lund, 2008).
- **Περιβαλλοντικά και Εναλλακτικά Ρομπότ:** Τα ρομπότ που χρησιμοποιούν πηγές όπως ηλιακή, αιολική και κυματική ενέργεια για να τροφοδοτούνται επ' αόριστον και να εκτελούν λειτουργίες σε περιοχές εκτός δικτύου (Hanson, 2016).
- **Σμήνη Ρομπότ και Νανορομποτική:** Επιτρέπουν την εξερεύνηση σε περιβάλλοντα που είναι εξαιρετικά μικρά. Η ανάπτυξη τους σε "σμήνη" αντισταθμίζει τη σχετικά περιορισμένη υπολογιστική τους ικανότητα (Kernbach, 2013).
- **Ρομποτικά Δίκτυα:** Επιτρέπουν στα ρομπότ να έχουν πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων, να μοιράζονται πληροφορίες και να ανταλλάσσουν πληροφορίες ή να μαθαίνουν το ένα από το άλλο.
- **Αρθρωτή Ρομποτική:** Ρομπότ που μπορούν να τακτοποιηθούν σε προκαθορισμένα μοτίβα για την ολοκλήρωση συγκεκριμένων εργασιών (Kernbach, 2013).

3.2.2. Ανάλυση Ρομποτικής

Υπάρχουν κλάδοι που διακρίνουν τη Ρομποτική σε δύο διαφορετικές κλίμακες. Η Ρομποτική που ανήκει κυρίως στον τομέα της έρευνας διακρίνεται από εκείνη που στοχεύει στην εφαρμογή, επομένως, προσανατολίζεται στην αγορά και στα πεδία που είναι πολλά υποσχόμενα από εκείνα που φαίνεται να φθίνουν.

• Η Αγορά της Ρομποτικής

Παρατηρώντας την αγορά, οι πλουσιότερες εφαρμογές είναι αυτές που ανήκουν στη Βιομηχανική Ρομποτική, όπου η αυτοματοποίηση διαδικασιών απαιτεί όλο και πιο

έξυπνα και γρήγορα ρομπότ για τη συναρμολόγηση κάθε είδους προϊόντος. Χωρίς σύγκριση, αυτό είναι και προφανώς θα είναι το πιο σημαντικό πεδίο Ρομποτικής για αρκετό καιρό, τουλάχιστον. Μετά από αυτό, υπάρχουν τουλάχιστον λίγα πεδία με προοπτικές για την Ρομποτική όπως η Ψυχαγωγία, η Ιατρική, η Χειρουργική και το Νοικοκυριό. Με μια εντελώς διαφορετική φιλοσοφία – λίγα ακριβά έναντι πολλών φθηνών πωλήσεων – καθιερώθηκαν στην αγορά με έναν αρκετά επίμονο τρόπο. Παρ'όλα αυτά, ακόμη και αν αυτά τα κομμάτια της αγοράς δεν είναι ακόμη κορεσμένα, θα λέγαμε ότι πλησιάζουν στον κορεσμό, αφήνοντας λίγο χώρο για μελλοντική βελτίωση. Δεν μπορεί να ειπωθεί το ίδιο για τη βιομηχανική Ρομποτική (Hanson, 2016).

• Η Έρευνα στη Ρομποτική

Προς το παρόν, οι ερευνητές εστιάζουν σε ένα σύνολο τομέων που είναι πολύ ενδιαφέροντες από επιστημονική άποψη αλλά, αντίθετα, αρκετά αδιάφοροι για την αγορά. Είναι τα Ανθρωποειδή, η Τηλερομποτική, τα Σμήνη Ρομπότ, η Νανορομποτική, τα Ρομποτικά Δίκτυα, η Αρθρωτή Ρομποτική και οι Διασυνδέσεις σώματος με μηχανικά μέρη. Τέτοιοι τομείς είναι ζωτικής σημασίας για τη βασική έρευνα και, πιθανώς, κάτι εξαιρετικό θα προκύψει από όλες αυτές τις έρευνες, αλλά προς το παρόν, δεν μπορεί να προβλεφθεί μια κερδοφόρα εφαρμογή από όλες αυτές. Αντίθετα, τα Υποβρύχια, οι Αυτοκινούμενες μηχανές και, ειδικότερα, τα Ιπτάμενα Ρομπότ (π.χ. Amazon Drones κ.λπ.) κινούνται προς έναν πολλά υποσχόμενο αριθμό πωλήσεων και ο αντίκτυπός τους μπορεί να είναι μεγάλος την επόμενη δεκαετία (Springer, 2013).

• Ιδιαίτεροι Τομείς Ρομποτικής

Ένας ιδιαίτερος τομέας φαίνεται να είναι και η Διαστημική και η Στρατιωτική Ρομποτική. Για αυτά τα δύο αρκετά πλούσια πεδία – όπου η έννοια της έρευνας και της εφαρμογής τείνουν να ενοποιούνται - υπάρχει ακόμη μεγάλο περιθώριο εξερεύνησης και εκμετάλλευσης. Φυσικά, πέρα από οποιαδήποτε περαιτέρω εξέταση, τόσο η Διαστημική όσο και η Στρατιωτική εφαρμογή μπορούν να θεωρηθούν, από οικονομική άποψη, αυτοσυντηρούμενες, καθώς και οι δύο παράγουν και καταναλώνουν για τη δική τους αγορά (Okamura, Mataric & Christensen – Panels, 2008).

- **Επερχόμενες Επενδύσεις στη Ρομποτική.**

Δεν υπάρχει μεγάλος αριθμός πολλά υποσχόμενων πεδίων Ρομποτικής για το άμεσο μέλλον. Πρόκειται για τους Εξωσκελετούς και τα Ρομπότ Καθαρισμού. Υπάρχει, πράγματι, μια ροή επενδύσεων που προσπαθούν να διατηρήσουν την έρευνα σε αυτούς τους τομείς. Οι επενδύσεις υποκινούνται από το μάρκετινγκ και, κάποτε, από μια πραγματική πρόθεση να δημιουργηθεί μια νέα τάση στην αγορά των καταναλωτών.

- **Καινοτόμες Εφαρμογές Ρομποτικής.**

Προς το παρόν, ο πιο καινοτόμος κλάδος είναι η Ρομποτική περιβάλλοντος και εναλλακτικής ισχύος που προσελκύει ενδιαφέροντα από διαφορετικά ινστιτούτα και βιομηχανίες. Λίγες είναι οι υπάρχουσες εφαρμογές (π.χ. παιχνίδια, πλοήγηση κ.λπ.) και δεν αφορούν ένα αντιπροσωπευτικό σύνολο με το οποίο θα μπορούσαν να αξιολογηθούν οι αποτελεσματικές δυνατότητές τους. Ωστόσο, θεωρητικά αντιπροσωπεύουν έναν πολύ σημαντικό στόχο, δεδομένου ότι ένα μεγάλο εμπόδιο σε αυτήν την μηχανοκίνητη κοινωνία είναι το ενεργειακό κόστος και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στη Ρομποτική, όπως σε όλες τις άλλες εφαρμογές. Μια σημαντική απάντηση στην ερώτηση για την κατανάλωση ενέργειας μπορεί επίσης να βρεθεί στον κλάδο της Νευρορομποτικής (Artemiadis, 2013) που εκμεταλλεύεται τη Νευρομορφική Πληροφορική. Εδώ, η έρευνα εστιάζει στη χρήση διεργασιών παρόμοιες με τις (ανθρώπινες) εγκεφαλικές διεργασίες, οι οποίες προσφέρουν υπολογισμούς μεγάλης κλίμακας σε πολύ χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας από ό, τι είναι γνωστό σήμερα σε οποιαδήποτε υπολογιστική / ρομποτική συσκευή. Ωστόσο, στη σύντομη ιστορία της, η Ρομποτική παράγει ήδη απομεινάρια. Πράγματι, λίγοι κλάδοι από τους αρκετά δημοφιλείς του παρελθόντος ξεφεύγουν από την γενικότερη τάση. Είναι τα Ανθρωποειδή, τα Σάιμποργκς, κλπ. Ο αντίκτυπός τους στο κοινό (και σε ένα μεγάλο κομμάτι ερευνητών) φαίνεται να ξεθωριάζει, σαν να έχουν κορεστεί τόσο ο πειραματισμός όσο και η δημοτικότητά τους (Kajita, Hirukawa, Harada & Yokoi, 2014).

3.3. Τεχνητή Νοημοσύνη και Ρομποτική

Η “Τεχνητή Νοημοσύνη” (Artificial Inteligence – AI) και η Ρομποτική έχουν μια κοινή ρίζα και μια (σχετικά) μακρά ιστορία αλληλεπίδρασης και επιστημονικής

συζήτησης. Η γέννηση της ΑΙ και της Ρομποτικής λαμβάνει χώρα την ίδια περίοδο ('50), και αρχικά δεν υπήρχε σαφής διάκριση μεταξύ των δύο κλάδων.

Ο λόγος είναι ότι η έννοια της «έξυπνης μηχανής» οδηγεί φυσικά σε ρομπότ και στη Ρομποτική. Κάποιος μπορεί να υποστηρίξει ότι δεν είναι κάθε μηχανή ένα ρομπότ, και σίγουρα η ΑΙ ασχολείται επίσης με “Εικονικού Πράκτορες” (Virtual Agents) (δηλαδή πράκτορες που δεν ενσωματώνονται σε μια φυσική μηχανή). Από την άλλη, πολλά από τα τεχνικά προβλήματα και λύσεις που απαιτούνται για το σχεδιασμό ρομπότ δεν αντιμετωπίζονται από την έρευνα της ΑΙ (Kajita et al., 2014).

Ένας σαφής διαχωρισμός μεταξύ των πεδίων φάνηκε το '70, όταν η Ρομποτική επικεντρώθηκε περισσότερο στη βιομηχανική αυτοματοποίηση, ενώ η ΑΙ χρησιμοποίησε ρομπότ για να αποδείξει ότι οι μηχανές μπορούν να δράσουν επίσης σε καθημερινά περιβάλλοντα.

Αργότερα, οι δυσκολίες που εντοπίστηκαν στον σχεδιασμό ρομποτικών συστημάτων ικανών να δράσουν σε μη περιορισμένα περιβάλλοντα οδήγησαν τους ερευνητές της ΑΙ να απορρίψουν τη Ρομποτική ως προτιμώμενο τεστ για την ΑΙ. Αντίθετα, η έρευνα στη Ρομποτική οδήγησε στην ανάπτυξη όλο και πιο εξελιγμένων βιομηχανικών ρομπότ.

Αυτή η κατάσταση άλλαξε τη δεκαετία του '90, όταν τα ρομπότ άρχισαν να γίνονται διάσημα ξανά στα εργαστήρια ΑΙ και η Ρομποτική ασχολήθηκε ειδικά με λιγότερο ελεγχόμενα περιβάλλοντα. Συγκεκριμένα, ξεκίνησαν οι διαγωνισμοί ρομπότ που πράγματι έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην αποκατάσταση μιας αυστηρής σχέσης μεταξύ της ΑΙ και της Ρομποτικής, που είναι σήμερα μια από τις πιο ελπιδοφόρες εξελίξεις της έρευνας τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο (Pagliarini & Lund, 2008).

Συνοψίζοντας, το όριο μεταξύ των εργασιών στην ΑΙ και στη Ρομποτική είναι σίγουρα πολύ δύσκολο να καθοριστεί. Ωστόσο, τα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν για την κατασκευή έξυπνων ρομπότ εντοπίζονται σαφώς από την ερευνητική κοινότητα και η ανάπτυξη των ρομπότ αντιμετωπίζεται ως μια πρωτότυπη περίπτωση του συστήματος ΑΙ (Hanson, 2016).

3.4. Χαρακτηριστικά Ανθρωποειδούς Ρομπότ

3.4.1. Οπτική Αντίληψη

Η οπτική αντίληψη είναι θεμελιώδης για τα περισσότερα ρομποτικά συστήματα σε ανθρώπινα περιβάλλοντα, ουσιώδης για μια ευρεία ποικιλία εργασιών όπως χειρισμός, παρακολούθηση, αλληλεπίδραση ανθρώπου-ρομπότ (Fanello et al., 2017) και η οποία ανέπτυξε ένα απλό και προσιτό ρομποτικό σύστημα βασιζόμενο στην όραση για τον προσδιορισμό της θέσης των ερυθρών σφαιρών που προσομοιώνουν τις ώριμες ντομάτες. Αυτό γίνεται με τη χρήση αισθητήρα RGB-D σε σταθερή θέση, μαζί με χειριστή 5 DOF. Η ρομποτική θα πρέπει να ακολουθεί την κατάσταση και να αντιλαμβάνεται το περιβάλλον για να επιτύχει τον στόχο. Λόγω της αντίληψης, τα ρομπότ ελέγχουν την κατάσταση των αρθρώσεών τους χρησιμοποιώντας κωδικοποιητές ή αισθητήρες. Τα ρομπότ που αναπτύσσονται σήμερα καλύπτονται με δερμάτινα δέρματα ευαίσθητα στη δύναμη. Πολλά ανθρωποειδή ρομπότ χρησιμοποιούν αισθήσεις όπως ανιχνευτές λέιζερ ή αισθητήρες απόστασης υπερήχων, όπως επίσης κάμερες, για να τους επιτρέψουν να εστιάσουν την προσοχή τους σε συγκεκριμένα αντικείμενα και οθόνες για να ερμηνεύσουν τις εικόνες.

3.4.2. Εργασίες Χειρισμού και Ελέγχου

Οι άνθρωποι έχουν τη δυνατότητα να μετακινούν τα χέρια τους σχεδόν 30 DOF (Mahum et al., 2017). Ορισμένα από τα ανθρωποειδή ρομπότ που κατασκευάστηκαν δεν μπορούν να κρατήσουν τα άγνωστα αντικείμενα από το περιβάλλον όπως οι άνθρωποι, λόγω έλλειψης ικανότητας μάθησης αντίληψης των αντικειμένων. Επομένως, έπρεπε να γίνουν βελτιώσεις, ώστε να μπορούν να κρατούν τα πράγματα και να τα αισθάνονται αγγίζοντάς τα (Mahum et al., 2017). Επίσης, η εκμάθηση από την επίδειξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκπαίδευση μαλακών ρομποτικών χεριών για την εκτέλεση επιδέξιων εργασιών χειρισμού. Το ρομπότ ReMeDi οδήγησε στη σχεδίαση ενός χειριστή με ελαφρά καλώδια (Kurnicki et al., 2014), ο οποίος στη συνέχεια προχώρησε στην κατασκευή ενός μεγάλου χειριστή τύπου SCARA με 6 DOF που χρησιμοποιείται για την ψηλάφηση (Panzirsch et al., 2017).

3.4.3. Αισθητήρια Συμπεριφορά

Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι αισθητήρων που χρησιμοποιούνται στα ανθρωποειδή ρομπότ. Ωστόσο (Mahum et al., 2017) εστιάζοντας σε συγκεκριμένους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την κατανόηση των αντικειμένων παρατηρούνται

αισθητήρες βραχίονα. Μερικές φορές οι βραχίονες είναι μικροί, οπότε σύμφωνα με αυτούς, οι αισθητήρες πρέπει να είναι μικροί ανάλογα με τις αρθρώσεις. Για χειρονομία βρόχου, πρέπει να γίνεται μέτρηση κάθε άρθρωσης (Mahum et al., 2017). Από τις πολλές προσεγγίσεις που χρησιμοποιήθηκαν για το σκοπό αυτό (Butterfass et al., 2001) προέκυψε η έννοια της χρήσης πλαστικού ποτενσιόμετρου στις αρθρώσεις των δακτύλων. Μια άλλη τεχνική (Chua et al., 2006) έδωσε τα γραμμικά ποτενσιόμετρα στις αρθρώσεις καρπών για τον υπολογισμό των γωνιών των αρθρώσεων, αλλά αυτή η ιδέα απορρίφθηκε λόγω έλλειψης ακρίβειας λόγω τριβής των τένοντων. Η πιο χρήσιμη ιδέα δόθηκε από τους Behnke et al..

3.4.4. Φορητή Πλατφόρμα

Τα ανθρωποειδή ρομπότ πρέπει να είναι αρκετά ευέλικτα για εύκολους ελιγμούς. Ενώ τα σταθερά ρομπότ θα βρίσκουν πάντα μια θέση στην κατασκευή, τα ανθρωποειδή ρομπότ με φορητή βάση υπόσχονται επιπλέον ευελιξία για τον τελικό χρήστη σε νέες εφαρμογές. Αυτές οι εφαρμογές περιλαμβάνουν φροντίδα και παροχή βοήθειας σε ασθενείς, ιατρικές και χειρουργικές χρήσεις, καθώς επίσης ασφάλεια (Panzirsch et al., 2017). Προτείνονται δύο τύποι κίνησης για την κινητή βάση, η κίνηση μικρής απόστασης που εξυπηρετούν τα ρομπότ που βρίσκονται δίπλα στον ασθενή για να αποκτήσουν μια κατάλληλη θέση για το βραχίονα του ρομπότ και η κίνηση μεγάλης απόστασης που περιλαμβάνει κίνηση μεταξύ του χώρου στάθμευσης του ρομπότ και της αίθουσας εξέτασης.

3.5. Μελλοντικές Προοπτικές Ρομποτικής

Σίγουρα, στο εγγύς μέλλον, και για τα βιολογικά συστήματα, η Ρομποτική θα υποβληθεί σε μια επιλεκτική πίεση κάτω από την οποία θα αλλάξουν οι περισσότεροι κλάδοι της. Όλα αυτά θα συμβούν λόγω διαφόρων παραγόντων: του τεράστιου κόστους παραγωγής και συντήρησης τέτοιων μηχανών, λόγω του οικοσυστήματος και του ενεργειακού κόστους των ρομπότ, τα οποία είναι παρόμοια, αν όχι υψηλότερα από οποιαδήποτε άλλη μηχανή, πιθανώς λόγω του κορεσμού μιας ήδη φαινομενικά εύθραυστης αγοράς. Εξαιτίας αυτού, είναι πολύ σημαντικό να γίνει προσπάθεια πρόβλεψης του μέλλοντος των ευφυών μηχανών προκειμένου να επικεντρωθούν οι προσπάθειες στον κατάλληλο τομέα.

Πράγματι, στην αρχή της χιλιετίας, οι επιστήμονες και οι επιχειρήσεις άρχισαν να εφαρμόζουν το διωνυμικό ρομπότ / ΑΙ σε σχεδόν όλους τους πιθανούς τομείς με την

«αφελή» αντίληψη ότι οι αναδυόμενες τεχνολογίες θα μπορούσαν να αντιμετωπίσουν οποιοδήποτε έργο. Αυτό είναι, εν μέρει, αληθινό. Ωστόσο, από την άλλη πλευρά, γίνεται σιγά σιγά αυτονόητο ότι υπάρχει μια σειρά από σημεία συμφόρησης που είναι αρκετά δύσκολο να ξεπεραστούν. Πιο απλά, υπάρχουν τουλάχιστον τρία σύνολα προβλημάτων, τα οποία υποβαθμίζουν τόσο την αποδοτικότητα όσο και τη λειτουργικότητα τέτοιων μηχανών σε περιορισμένους τομείς, αποκλείοντας σε μεγάλο βαθμό το όνειρο ενός «πολυλειτουργικού» ρομπότ. Τέτοια όρια είναι μηχανικά, ενεργειακά και υπολογιστικά. Πράγματι, η μηχανική των ρομπότ τείνει να φτάσει σε έναν μη βιώσιμο βαθμό πολυπλοκότητας που κινείται από ένα περιορισμένο σε ένα μεγαλύτερο σύνολο εξόδων. Με τον ίδιο τρόπο, η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται παράλληλα με την αύξηση του βαθμού ελευθερίας οποιασδήποτε μηχανής, καθιστώντας την διάρκεια ζωής της μπαταρίας ενός μηχανήματος αρκετά πιο περιορισμένη, μέχρι το κρίσιμο επίπεδο ανεπάρκειας. Τέλος, οι υπολογιστικοί πόροι της τεχνητής νοημοσύνης έχουν αποδειχθεί σε μεγάλο βαθμό ότι είναι πολύ καλοί στην επίλυση ενός μόνο έργου, ενώ, αντίθετα, αναλογικά λιγότερο αποδοτικοί όταν χειρίζονται μεγαλύτερο αριθμό πιθανών αποτελεσμάτων (Sood & Leichtle, 2013). Ως εκ τούτου, ο στόχος του ρομπότ πολλαπλών χρήσεων τείνει να θεωρηθεί μη πραγματικός και, αντίθετα, οι ερευνητές και οι επιχειρηματίες αναζητούν μια Ρομποτική που είναι αρκετά εξειδικευμένη σε ένα μόνο έργο, αν όχι ένα μόνο δευτερεύον έργο.

Δεδομένου ότι, ο αριθμός των αντικειμένων - που ονομάζουμε ρομπότ - έχει αξιοποιηθεί σε τέτοιο αριθμό που τόσο οι επιστημονικές όσο και οι επιχειρηματικές αγορές δεν μπορούν να τα απορροφήσουν πραγματικά και, κατά συνέπεια, πρόκειται να υπάρξει μια φάση κατά την οποία η επιλογή θα γίνει απαραίτητη. Παρακάτω ακολουθούν τα μεγαλύτερα και ίσως πιο πολλά υποσχόμενα πεδία Ρομποτικής, σε μια προσπάθεια να διακριθεί ο τομέας των ικανοτήτων τους από τους τομείς των εφαρμογών, αφού δεν συμπίπτουν απαραίτητα.

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, η Ρομποτική έχει σημειώσει μια εκρηκτική ανάπτυξη, τόσο από άποψη έρευνας όσο και εφαρμογών. Έχει εισβάλει στην ανθρώπινη φαντασία και σχεδόν σε όλες τις υπάρχουσες αγορές των ανθρώπων, μέχρι το σημείο που η ρομποτική πρόκειται να φτάσει σε μια αγορά 100 δισεκατομμυρίων δολάρια. Φαίνεται ότι η αυτοματοποίηση της βιομηχανίας είναι ο ηγέτης του κόσμου, ενώ

ορισμένες εφαρμογές ενοποιούνται ή πρόκειται να αναδυθούν και να παίξουν σταθερό ρόλο στην έρευνα και παραγωγή Ρομποτικής (Artemiadis, 2013). Πρόκειται για την υγειονομική περίθαλψη, την χειρουργική, την καθαριότητα, τα αυτόνομα οχήματα και, εν μέρει, την ψυχαγωγία. Υπάρχουν κλάδοι που φαίνεται να χάνουν την προτίμησή των αγορών και της έρευνας, όπως για παράδειγμα τα Ανθρωποειδή, και εκείνοι που κερδίζουν το ενδιαφέρον, όπως για παράδειγμα τα Εναλλακτικά Ρομπότ.

4. Η Ρομποτική στην Ιατρική

Σε αντίθεση με τα βιομηχανικά ρομπότ που αναπτύχθηκαν για πρώτη φορά πριν από 50 χρόνια, για να αυτοματοποιήσουν βρώμικες, ανιαρές και επικίνδυνες εργασίες, τα σημερινά ιατροφαρμακευτικά και υγειονομικής περίθαλψης ρομπότ έχουν σχεδιαστεί για εντελώς διαφορετικά περιβάλλοντα και καθήκοντα - αυτά που περιλαμβάνουν άμεση αλληλεπίδραση με ανθρώπινους χρήστες στο χειρουργικό θέατρο, στο κέντρο αποκατάστασης και στο οικογενειακό δωμάτιο. Το εμπορικό και ερευνητικό ενδιαφέρον για την ρομποτική ιατρική και τη ρομποτική υγειονομικής περίθαλψης έχει σημειώσει σημαντική ανάπτυξη την τελευταία δεκαετία. Τα τηλερομποτικά συστήματα χρησιμοποιούνται τακτικά για την εκτέλεση χειρουργικής επέμβασης, με αποτέλεσμα μικρότερους χρόνους ανάρρωσης και πιο αξιόπιστα αποτελέσματα σε ορισμένες διαδικασίες. Τα ρομποτικά συστήματα αποκατάστασης παραδίδουν επιτυχώς φυσική και επαγγελματική θεραπεία, επιτρέποντας μεγαλύτερης έντασης θεραπευτική αγωγή που προσαρμόζεται συνεχώς στις ανάγκες του ασθενούς. Κοινωνικά υποστηρικτικά ρομποτικά (Socially Assistive Robotic - SAR) συστήματα αναπτύσσονται για χρήση σε κλινική και στο σπίτι για διαπόνηση και παρακολούθηση σωματικών, γνωστικών και κοινωνικών ασκήσεων. Οι τεχνολογικές εξελίξεις στη ρομποτική έχουν τη δυνατότητα να ενθαρρύνουν την ανάπτυξη νέων θεραπειών για μια ευρεία ποικιλία ασθενειών και διαταραχών, να βελτιώσουν τόσο το πρότυπο όσο και την προσβασιμότητα της περίθαλψης και να ενισχύσουν τα αποτελέσματα της υγείας των ασθενών. Παρόλο που τα ρομπότ έχουν ήδη αρχίσει να επηρεάζουν την ανθρώπινη υγεία μέσω της κλινικής χρήσης, η περαιτέρω έρευνα και η εμπορική επιτυχία θα διευκολυνθούν από την προσεκτική μελέτη των κοινωνικών οδηγών για βελτιωμένη υγειονομική περίθαλψη, τις συγκεκριμένες δυνατότητες που πρέπει να έχουν τα ρομποτικά συστήματα για να επηρεάσουν τα σενάρια υγειονομικής περίθαλψης, και τις απαραίτητες θεμελιώδεις τεχνολογικές καλύτερες που χρειάζονται για την επίτευξη σημαντικών κερδών απόδοσης.

4.1. Κοινωνικά Οφέλη Ιατρικής Ρομποτικής

Πολυάριθμα κοινωνικά οφέλη για βελτιωμένη υγειονομική περίθαλψη μπορούν να διευθετηθούν μέσω της ρομποτικής τεχνολογίας. Βελτιώνοντας τις υπάρχουσες ιατρικές διαδικασίες ώστε να είναι λιγότερο επεμβατικές και να παράγουν λιγότερες παρενέργειες θα είχε ως αποτέλεσμα ταχύτερους χρόνους ανάρρωσης και καλύτερη εργατική παραγωγικότητα. Επαναστατικές προσπάθειες για την ανάπτυξη νέων

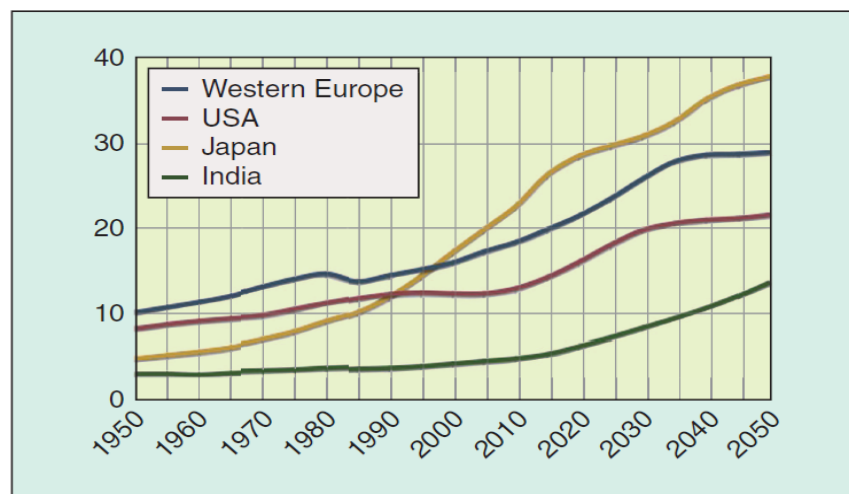
ιατροφαρμακευτικών διαδικασιών και συσκευών, όπως παρεμβάσεις μικροκλίμακας και έξυπνα πρόσθετα μέλη, θα βελτιώναν σημαντικά τις σχέσεις κινδύνου-οφέλους και κόστους-οφέλους. Περισσότερο αποτελεσματικές μέθοδοι κατάρτισης επαγγελματιών ιατρικής θα μείωνε τον αριθμό των ιατρικών λαθών, το ίδιο και οι αντικειμενικές προσεγγίσεις για την λογοδοσία και την πιστοποίηση/αξιολόγηση. Ιδανικά, αυτές οι βελτιώσεις θα μειώσουν επίσης τα κόστη για την κοινωνία μειώνοντας την επίδραση στις οικογένειες, τους φροντιστές και τους εργοδότες.

Πληθυσμιακοί παράγοντες που σχετίζονται με τα οικονομικά πρέπει να ληφθούν υπόψη. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, περισσότερο από το 15% του πληθυσμού είναι ανασφάλιστο και πολλοί άλλοι είναι υπο-ασφαλισμένοι. Αυτό εμποδίζει τα άτομα να λάβουν την απαραίτητη υγειονομική περίθαλψη, μερικές φορές οδηγώντας σε απώλεια λειτουργίας ή ακόμα και ζωής, και επίσης αποτρέπει τους ασθενείς να αναζητήσουν προληπτική ή έγκαιρη θεραπεία, με αποτέλεσμα την επιδείνωση των επακόλουθων προβλημάτων υγείας. Η πρόσβαση στην υγειονομική περίθαλψη σχετίζεται άμεσα με την οικονομική προσιτότητά της. Τα ρομπότ διαδραστικής θεραπείας θα μπορούσαν να μειώσουν το κόστος της φροντίδας κλινικής αποκατάστασης. Η διαθεσιμότητα τεχνολογιών SAR (M. J. Mataric, 2006) που θα μπορούσαν να παρέχουν οικονομικά, για μέσα στο σπίτι συστήματα με σκοπό την κινητοποίηση και διαπόνηση της σωματικής και γνωστικής άσκησης θα επηρέαζαν θετικά τόσο την πρόληψη όσο και την αποκατάσταση. Τέλος, οι τεχνολογίες ρομποτικής για τη φροντίδα των ηλικιωμένων μπορούν να προωθήσουν τη γήρανση στο χώρο τους (δηλ. στο σπίτι), να καθυστερήσουν την έναρξη της άνοιας και να προσφέρουν συντροφιά για τον μετριασμό της απομόνωσης και της κατάθλιψης.

Η πρόσβαση στην υγειονομική περίθαλψη σχετίζεται επίσης με την τοποθεσία. Όταν οι καταστροφές πλήττουν και καταλήγουν σε ανθρώπινο τραυματισμό, η απόσταση και τα αδόμητα περιβάλλοντα αποτελούν εμπόδια στην παροχή επιτόπου επιμέλειας και απομάκρυνσης των τραυματιών από τη σκηνή τόσο σε φυσικές καταστροφές (π.χ. σεισμούς και τυφώνες) όσο και σε ανθρωπογενείς καταστροφές (π.χ. τρομοκρατικές επιθέσεις). Παρόμοια προβλήματα συμβαίνουν στο πεδίο της μάχης. Χρειάζεται φροντίδα στο σημείο τραυματισμού για να σωθούν οι ζωές πολλών στρατιωτικών. Ορισμένα περιβάλλοντα, όπως το διάστημα, το υποθαλάσσιο και το υπόγειο (για εξόρυξη) είναι εγγενώς μακριά από ιατρικό προσωπικό. Τέλος, οι

επαρχιακοί πληθυσμοί μπορούν να ζουν απαγορευτικά μακριά από ιατρικά κέντρα που παρέχουν εξειδικευμένη υγειονομική φροντίδα. Τα ρομπότ μπορούν να παρέχουν πρόσβαση σε θεραπεία για άτομα εκτός κατοικημένων περιοχών και σε σενάρια καταστροφών.

Οι πληθυσμιακοί παράγοντες υποδεικνύουν μια αυξανόμενη ανάγκη για βελτιωμένη πρόσβαση και ποιότητα υγειονομικής περίθαλψης. Οι δημογραφικές μελέτες δείχνουν ότι πολλές χώρες θα υποστούν μια περίοδο σημαντικής πληθυσμιακής γήρανσης τις επόμενες δεκαετίες. Μέχρι το 2030, οι Ηνωμένες Πολιτείες, η Ευρώπη και η Ιαπωνία θα βιώσουν αυξήσεις περίπου 40, 50 και 100%, αντίστοιχα, στον αριθμό των ηλικιωμένων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2 (United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2009).



Σχήμα 2. Παρελθοντικό και προσδοκώμενο ποσοστό πληθυσμού άνω των 65 ετών.

Ο αριθμός των ατόμων με ηλικία άνω των 80 θα αυξηθεί κατά περισσότερο από 100% σε όλες τις ηπείρους. Οι εξελίξεις στην ιατρική έχουν αυξήσει το προσδόκιμο ζωής. Αυτό σε συνδυασμό με τις μειωμένες γεννήσεις θα οδηγήσει σε γήρανση της κοινωνίας γενικά. Αυτή η δημογραφική τάση θα έχει σημαντικό αντίκτυπο στη βιομηχανική παραγωγή, τη στέγαση, τη συνεχή μόρφωση και την υγειονομική περίθαλψη. Σχετιζόμενη με τη γήρανση του πληθυσμού είναι η αυξημένη συχνότητα τραυματισμών, διαταραχών και ασθενειών. Σε όλο το ηλικιακό φάσμα, υπάρχουν σημαντικές αυξήσεις στις δια βίου παθήσεις, συμπεριλαμβανομένου του διαβήτη, του αυτισμού, της παχυσαρκίας και του καρκίνου.

Αυτές οι τάσεις διευρύνουν την ανάγκη για εξατομικευμένη υγειονομική περίθαλψη. Για παράδειγμα, το τρέχον ποσοστό νέων εγκεφαλικών επεισοδίων στις Ηνωμένες

Πολιτείες είναι 800.000 ετησίως και ο αριθμός αυτός αναμένεται να διπλασιαστεί τις επόμενες δύο δεκαετίες. Οι ασθενείς με εγκεφαλικό πρέπει να συμμετέχουν σε εντατική αποκατάσταση για να ανακτήσουν τη λειτουργία τους και να ελαχιστοποιήσουν τη μόνιμη αναπηρία. Ενώ το εγκεφαλικό είναι επικρατέστερο σε ηλικιωμένους ασθενείς, η εγκεφαλική παράλυση (Cerebral Palsy - CP) είναι συνηθισμένο στα παιδιά. Περίπου 8.000 βρέφη διαγιγνώσκονται με CP κάθε χρόνο, και περισσότερα από 760.000 άτομα στις Ηνωμένες Πολιτείες εκδηλώνουν συμπτώματα CP. Επιπλέον, ο αριθμός των νευροαναπτυξιακών και γνωστικών διαταραχών είναι σε έξαρση, συμπεριλαμβανομένης της διαταραχής του φάσματος του αυτισμού, της διάσπασης προσοχής και της διαταραχής υπερκινητικότητας. Τα ποσοστά αυτισμού μόνο έχουν τετραπλασιαστεί την τελευταία 25ετία, με ένα στα 100 παιδιά να διαγιγνώσκονται σήμερα με την ανεπάρκεια. Βελτιωμένα αποτελέσματα από τον έγκαιρο έλεγχο και τη διάγνωση, τη διαφανή παρακολούθηση και τη συνεχή αξιολόγηση της υγείας θα οδηγήσουν σε μεγαλύτερη εξοικονόμηση κόστους, όπως και η αποτελεσματική εξατομικευμένη τεχνολογικά υποβοηθούμενη παρέμβαση και θεραπεία. Αυτοί οι παράγοντες θα αντισταθμίσουν επίσης το συρρικνούμενο μέγεθος του εργατικού δυναμικού υγειονομικής περίθαλψης, ενώ η οικονομικά προσιτή και προσβάσιμη τεχνολογία θα διευκολύνει την ευεξία και την εξατομικευμένη / οικιακή υγειονομική περίθαλψη.

Η αύξηση της δια βίου ανεξαρτησίας γίνεται έτσι βασικός κοινωνικός οδηγός. Περιλαμβάνει τη δυνατότητα γήρανσης στο σπίτι, τη βελτίωση της κινητικότητας, καθώς και τη μείωση της απομόνωσης και της κατάθλιψης σε όλες τις ηλικίες (που με τη σειρά του επηρεάζει την παραγωγικότητα, το κόστος υγείας και την ευημερία). Ενισχύοντας τη φροντίδα και ενδυναμώνοντας τον αποδέκτη φροντίδας διευκολύνεται επίσης η παροχή ανεξαρτησίας στους φροντιστές που εργάζονται ολοένα και περισσότερο. Μια τέτοια περίθαλψη είναι αρκετά ανεπίσημη επειδή τα κόστη της οικιακής υγειονομικής φροντίδας είναι πολύ απρόσιτα. Η δια βίου αγωγή υγείας και παιδεία διευκολύνουν την πρόληψη ενώ μπορούν να επαυξηθούν μέσω βελτιωμένης ασφάλειας και παρακολούθησης για την αποφυγή κατάχρησης φαρμάκων, τη διασφάλιση συνέπειας στη λήψη φαρμάκων και την παρακολούθηση πτώσεων, έλλειψης δραστηριότητας και άλλα σημάδια επιδείνωσης.

4.2. Χώροι Φροντίδας και Ρομποτικές Διεργασίες

4.2.1. Χώροι Φροντίδας και Ενδιαφερόμενοι

Οι ενδιαφερόμενοι ορίζονται ως άτομα που έχουν κατοχυρωμένο συμφέρον στη χρήση της ρομποτικής τεχνολογίας στην υγειονομική περίθαλψη. Ενδιαφερόμενοι μπορούν να είναι: άτομα που χρησιμοποιούν ρομπότ για να παρέχουν άμεση βοήθεια στις καθημερινές δραστηριότητες διαβίωσης ή ευεξίας. Αυτό το άρθρο θα επικεντρωθεί στους πρωτογενείς δικαιούχους. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι όλες οι άλλες ομάδες ενδιαφερομένων είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχή τελική εξάπλωση της ρομποτικής στην υγειονομική περίθαλψη, και θα πρέπει να περιλαμβάνονται όταν είναι δυνατόν στη λήψη αποφάσεων.

Μια άλλη κρίσιμη διάσταση στο πλαίσιο της χρήσης της ρομποτικής στην υγειονομική περίθαλψη είναι να λάβουμε υπόψη την τοποθεσία της χρήσης. Αυτό μπορεί να επηρεάσει σημαντικά το πόσο κατάλληλες είναι διαφορετικές τεχνολογίες για ένα δεδομένο περιβάλλον, και μπορεί να επηρεάσει το σχεδιασμό ενός ρομπότ και τις απαιτούμενες δυνατότητές του. Για παράδειγμα, ενώ ένας φορητός χειριστής διπλού βραχίονα 400-λιβρών, ύψους 5'4" μπορεί να λειτουργήσει καλά σε ένα εργαστήριο, είναι ακατάλληλος για 80 τετρ.πόδια δωμάτιο σε στέγη υποστηριζόμενης διαβίωσης. Αν και είναι κατανοητό ότι οι κατασκευαστές ρομπότ μπορεί άμεσα να ενδιαφέρονται πιο πολύ για την επίτευξη λειτουργικής πλατφόρμας από τις ιδιαιτερότητες των χώρων φροντίδας, για την επιτυχή ανάπτυξη ρομπότ υγειονομικής περίθαλψης πρέπει να ληφθεί υπόψη το περιβάλλον. Ο συνοδευτικός πίνακας καθορίζει διαφορετικά είδη χώρων φροντίδας, και περιλαμβάνει εγκαταστάσεις μακροχρόνιας περίθαλψης στην κοινότητα, καθώς και βραχυπρόθεσμες εγκαταστάσεις φροντίδας, όπως νοσοκομεία. Για μακροχρόνια περίθαλψη στις Η.Π.Α., ο νόμος περί δίκαιης στέγασης και ο νόμος Αμερικανών με αναπηρίες θέτουν ορισμένες γενικές κατευθυντήριες γραμμές προσβασιμότητας σε χώρο διαβίωσης. Ωστόσο, η πλειονότητα των κατευθυντήριων γραμμών για το ζωτικό χώρο εξαρτάται από την πολιτεία και μπορεί να μεταβάλλεται σε μεγάλο βαθμό. Για παράδειγμα, μια στέγη υποστηριζόμενης διαβίωσης στη Φλόριντα πρέπει να παρέχει 35 τετρ. πόδια ανά κάτοικο για διαβίωση και σίτιση, ενώ στη Γιούτα είναι 100 τετρ. πόδια. Μια ψυχιατρική εγκατάσταση εντός νοσοκομείου στο Κεντάκι πρέπει να παρέχει 30 τετρ. πόδια ανά ασθενή σε κοινόχρηστους χώρους, το Όρεγκον απαιτεί 120 τετρ.πόδια συνολικά και 40 τετρ.πόδια ανά ασθενή.

Τα ρομπότ στην υγειονομική περίθαλψη μπορούν επίσης να επηρεάσουν την ευημερία, την υγεία και την ασφάλεια τόσο των άμεσων χρηστών ρομπότ όσο και των κλινικών ιατρών. Ο τομέας του σχεδιασμού υγειονομικής περίθαλψης βάσει τεκμηρίων έχει παράγει εκατοντάδες μελέτες που δείχνουν μια σχέση μεταξύ του δομημένου περιβάλλοντος και της υγείας και ευεξίας, σε τομείς όπως η ασφάλεια των ασθενών, τα αποτελέσματα των ασθενών και τα αποτελέσματα του προσωπικού. Όταν μια νέα τεχνολογία, όπως ένα ρομπότ, γίνεται μέρος ενός χώρου φροντίδας, είναι πλέον πιθανός παρεμποδιστής της υγείας. Οι φορείς υγειονομικής περίθαλψης (Health Administrators – Has) πρέπει να εξισορροπήσουν τους κινδύνους και τα οφέλη για την υιοθέτηση νέας τεχνολογίας, και οι κατασκευαστές ρομπότ πρέπει να είναι ενήμεροι αυτών των ανταλλαγών στον τρόπο σχεδιασμού και δοκιμής των συστημάτων τους.

4.2.2. Ρομποτικές Διεργασίες Φροντίδας

Τα ρομπότ μπορεί να είναι χρήσιμα για πολλές διεργασίες υγείας. Τα ρομπότ μπορούν να παρέχουν υποστήριξη τόσο για φυσική όσο και για γνωστική εργασία τόσο για τους άμεσους χρήστες ρομπότ (Direct Robot Users – DRUs) όσο και για τους κλινικούς ιατρούς/ φροντιστές, και μπορεί να είναι αποτελεσματικά βοηθώντας στη μείωση του γνωστικού φορτίου. Η εργασιακή αρωγή είναι ιδιαίτερα κρίσιμη καθώς η ζήτηση για υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης ξεπερνά κατά πολύ τους διαθέσιμους πόρους, γεγονός που δημιουργεί μεγάλη πίεση στους κλινικούς ιατρούς και τους φροντιστές. Κλινικοί. Οι εργασίες που περιλαμβάνουν τα "3Ds" της ρομποτικής – βρώμικο (Dirty), επικίνδυνο (Dangerous) και ανιαρό (Dull) - μπορεί να έχουν ιδιαίτερη αξία για το κλινικό προσωπικό. Οι κλινικοί γιατροί ξοδεύουν υπερβολικό χρόνο σε εργασίες «χωρίς προστιθέμενη αξία», για παράδειγμα, χρόνο μακριά από τη θεραπεία ασθενών. Η υπερφόρτωση λόγω αυτών των εργασιών δημιουργεί ένα κλίμα για λάθη. Έτσι, τα ρομπότ, τα οποία μπορούν να βοηθήσουν αποτελεσματικά τους κλινικούς γιατρούς, να ξεπεράσουν αυτές τις προκλήσεις θα ήταν θείο δώρο. Μερικά από αυτά τα καθήκοντα μη προστιθέμενης αξίας περιλαμβάνουν: Μεταφορά, όπως μετακίνηση υλικών ή ατόμων από το ένα μέρος στο άλλο, Απογραφή, όπως ασθενείς που περιμένουν να πάρουν εξιτήριο, Χρόνος αναζήτησης, όπως ψάξιμο εξοπλισμού ή εγγράφων, Αναμονή, για ασθενείς, υλικά, προσωπικό, φάρμακα και υπερβολική επιβάρυνση του προσωπικού και του εξοπλισμού, όπως κατά τη διάρκεια των ωρών αιχμής στα νοσοκομεία.

Δύο από τις καλύτερες εργασίες για ρομπότ σε αυτόν τον χώρο εργασίας είναι η μεταφορά υλικού και ο χρονοπρογραμματισμός, στα οποία τα ρομπότ μπορούν να είναι εξαιρετικά ικανά έχοντας τις σωστές παραμέτρους. Για παράδειγμα, ρομπότ που μπορούν να κουβαλήσουν προμήθειες, να αφαιρέσουν απορρίμματα και να καθαρίσουν δωμάτια. Μια άλλη διεργασία που μπορούν να κάνουν τα ρομπότ που θα βοηθήσει πολύ στη βελτίωση του χώρου εργασίας για τους κλινικούς γιατρούς είναι η μετακίνηση ασθενών. Αυτό είναι ένα πολύ επικίνδυνο έργο - οι εργαζόμενοι στο νοσοκομείο, οι οικιακοί εργαζόμενοι υγείας και οι εργαζόμενοι ασθενοφόρου βιώνουν μυοσκελετικούς τραυματισμούς μεταξύ τριών και πέντε φορές του εθνικού μέσου όρου όταν μετακινούν ασθενείς σύμφωνα με το Εθνικό Ινστιτούτο Υγείας και Ασφάλειας στην Εργασία (National Institute for Occupational Health and Safety – NIOSH). Τα ρομπότ μπορούν επίσης να βοηθήσουν τους κλινικούς γιατρούς με άλλες επικίνδυνες εργασίες, όπως η θεραπεία ασθενών με εξαιρετικά μολυσματικές ασθένειες. Η θεραπεία με μεσολάβηση ρομπότ έχει καταστεί ιδιαίτερα σημαντική μετά το πρόσφατο ξέσπασμα του Έμπολα, όπου οι γιατροί και οι φροντιστές μπορούν να εκτελούν καθήκοντα φροντίδας μέσω ρομπότ τηλεπαρουσίας. (Kraft, K. and Smart, 2016)

Τέλος, τα ρομπότ μπορούν να βοηθήσουν στην επέκταση των φυσικών ικανοτήτων των ιατρών. Για παράδειγμα, σε χειρουργικές επεμβάσεις, τα ρομπότ μπορούν να παρέχουν στους κλινικούς ιατρούς τη δυνατότητα να εκτελούν λιγότερο επεμβατικές διαδικασίες σε περιοχές του σώματος που δεν είναι προσβάσιμες με τα υπάρχοντα όργανα λόγω προβλήματος ή περιορισμών απόστασης. Αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν τύπους νευρολογικών, γαστρικών και εμβρυϊκών χειρουργικών επεμβάσεων. Άμεσοι χρήστες ρομπότ. Κατά το σχεδιασμό ρομπότ για DRUs, υπάρχει μεγάλη αξία στο σχεδιασμό ξεκάθαρων λύσεων σε προβλήματα. Σε ένα πρόσφατο εργαστήριο που συζητήθηκε η ρομποτική υγειονομικής περίθαλψης, τα άτομα με αμυοτροφική πλευρική σκλήρυνση (Amyotrophic Lateral Sclerosis - ALS) και άλλες παθήσεις ανέφεραν ότι πάνω απ 'όλα ήθελαν απλώς «ένα ρομπότ να αλλάξει τα λάδια». Με άλλα λόγια: η αρωγή είναι πιο απαραίτητη στα βασικά, φυσικά (Activities of Daily Living – ADL) καθήκοντα, όπως ντύσιμο, φαγητό, περπάτημα, τουαλέτα και οικιακά. Τα ρομπότ που μπορούν να βοηθήσουν τους ανθρώπους να αποφύγουν την πτώση θα μπορούσαν επίσης να είναι απίστευτα ωφέλιμα, καθώς οι πτώσεις προκαλούν χιλιάδες θανατηφόρους και αποδυναμωτικούς

τραυματισμούς ετησίως. Προς το παρόν, αυτόνομα ρομπότ που μπορούν να εκτελέσουν με επιτυχία την πλειονότητα αυτών των βασικών φυσικών εργασιών ADL απέχουν πολύ από το να φτάσουν στην καταναλωτική αγορά. Υπάρχουν διάφοροι λόγοι για αυτό. Πρώτον, η πλειονότητα αυτών των εργασιών παραμένει προκλητική για τα σημερινά ρομπότ, καθώς απαιτούν υψηλό βαθμό χειροκίνητης επιδεξιότητας, ικανότητας ανίχνευσης, γνώσης προγενέστερων εργασιών και μαθησιακής ικανότητας.

Επιπλέον, τα περισσότερα αυτόνομα, προσεγγιστικά ρομπότ κινούνται υπερβολικά αργά λόγω ασφάλειας και υπολογιστικών σκοπών, κάτι που αναμφίβολα θα είναι ενοχλητικό για τους τελικούς χρήστες. Τέλος, ακόμη και αν τα ρομπότ μπορούσαν να εκτελέσουν μερικές από αυτές τις πιο περίπλοκες εργασίες ADL, οι προϋπολογισμοί ισχύος τους μπορεί να τους κάνουν ανέφικτους για εγκατάσταση στους περισσότερους χώρους φροντίδας. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια υπήρξαν σημαντικά κέρδη σε άλλες εργασίες. Για παράδειγμα, ρομπότ που παρέχουν στους DRUs σωματική προέκταση (για παράδειγμα, έξυπνα πρόσθετα μέλη, βραχίονες ρομπότ τοποθετημένες σε αναπηρική καρέκλα) και ρομπότ που παρέχουν πολλαπλών ρυθμίσεων δυνατότητα κίνησης (για παράδειγμα, εξωσκελετοί, προσβάσιμες προσωπικές συσκευές μεταφοράς). Αυτοί πιθανότατα θα συνεχίσουν να είναι οι τύποι συστημάτων που θα φτάσουν πρώτοι τους τελικούς χρήστες για το προβλέψιμο μέλλον.

4.2.3. Ρομποτική και Γνωστικά Ιατρικά Καθήκοντα

Οποιαδήποτε τεχνολογία που μπορεί να μειώσει αποτελεσματικά τον κλινικό φόρτο εργασίας είναι πολύ πιθανό να αγκαλιαστεί θερμά στην υγειονομική περίθαλψη. Πολλά από αυτά τα συστήματα υπάρχουν με μη ενσωματωμένο τρόπο, για παράδειγμα, εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων που βοηθούν στην επείγουσα ιατρική, στην εφοδιαστική διαχείριση ασθενών ή στους φακέλους ασθενών. Ωστόσο, τα ρομποτικά συστήματα μπορεί να έχουν θέση σε αυτόν τον κλάδο, ειδικά εάν ένα ρομπότ είναι καλά ενσωματωμένο στην υπάρχουσα ροή εργασίας και μπορεί να έχει πρόσβαση σε “Ηλεκτρονικά Αρχεία Υγείας (Electronic Health Records – HER)”. Για παράδειγμα, ίσως ένα ρομπότ διαχείρισης φαρμάκων θα μπορούσε να προβλέψει την «επόμενη κίνηση» ενός κλινικού ιατρού στη θεραπεία προ-φέροντας ένα πιθανό φάρμακο από το φαρμακείο. Ή ίσως ένα ρομπότ θα μπορούσε να παραδώσει εξατομικευμένα μηνύματα στα μέλη της οικογένειας στις αίθουσες αναμονής για να

τα ενημερώσει σχετικά με την κατάσταση του συγγενή τους, ενώ οι κλινικοί γιατροί ασχολούνται με άλλες εργασίες. Ένα άλλο πεδίο όπου η ρομποτική έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς για να βοηθήσει τους κλινικούς ιατρούς με γνωστικά καθήκοντα είναι η κλινική προσομοίωση και εκπαίδευση. Οι ρομποτικοί προσομοιωτές ασθενών είναι κανονικού μεγέθους, ανθρωποειδή ρομπότ που μπορούν να αναπνέουν, να αιμορραγούν, να μιλούν, να αποβάλλουν υγρά και να ανταποκρίνονται σε φάρμακα.

Είναι το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο ανθρωποειδές ρομπότ παγκοσμίως και παρέχει στους σπουδαστές τη δυνατότητα να εξασκούν ταυτόχρονα διαδικαστικές και επικοινωνιακές δεξιότητες. Αυτά τα ρομπότ χρησιμοποιούνται από διεπαγγελματικούς κλινικούς για ένα ευρύ φάσμα ειδικοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της εντατικής φροντίδας, της περιεγχειρητικής φροντίδας, του τραύματος και της ψυχικής υγειονομικής περίθαλψης. Η συγγραφέας και οι μαθητές της σχεδίασαν την επόμενη γενιά αυτών των προσομοιωτών, οι οποίοι μπορούν να μεταφέρουν ρεαλιστικές παθολογίες του προσώπου του ασθενούς, όπως πόνο, εγκεφαλικό επεισόδιο και εγκεφαλική παράλυση, και είναι ενσωματωμένοι σε φυσιολογικά μοντέλα. Άμεσοι χρήστες ρομπότ και φροντιστές. Οι τρόποι με τους οποίους τα ρομπότ ενδέχεται να είναι σε θέση να παρέχουν υποστήριξη γνωστικών εργασιών σε φροντιστές (Care Givers – CGs) δεν έχουν ακόμη πραγματοποιηθεί πλήρως. Ωστόσο, όπως και οι κλινικοί γιατροί, η ικανότητα μείωσης του γνωστικού φορτίου θα ήταν πολύ ευπρόσδεκτη. Οι CGs ειδικότερα συχνά επιβαρύνονται κατά την παροχή φροντίδας. Έχουν συχνά άλλα μέλη της οικογένειας τους να φροντίσουν, άλλες δουλειές και την ίδια τη ζωή τους (και την υγεία) για να διαχειριστούν. Τα ρομπότ ενδέχεται να είναι σε θέση να υποστηρίξουν γνωστικά τους CGs μαθαίνοντας και προβλέποντας τις ανάγκες τους, προ-φέρνοντας αντικείμενα, συμμετέχοντας σε χρονοβόρες εργασίες που αποσπούν χρόνο από τη φροντίδα και ούτω καθεξής.

Για τους DRUs, η τεχνολογία ρομποτικής μπορεί να βοηθήσει στη διευκόλυνση της ανεξαρτησίας παρέχοντας αισθητηριακή επαύξηση ή υποκατάσταση. Για παράδειγμα, οι DRUs που είναι τυφλοί ή με χαμηλή όραση μπορεί να επωφεληθούν από ένα ρομποτικό εργαλείο που βρίσκει το δρόμο, ή οι DRUs που χρησιμοποιούν ρομποτικά πρόσθετα μέλη ενδέχεται να λάβουν αισθητήρια ανατροφοδότηση από ένα ρομποτικό δάχτυλο στον ώμο τους. Τα ρομπότ ενδέχεται επίσης να είναι σε θέση να βοηθήσουν τους DRUs να επανακτήσουν (ή να συμπληρώσουν) τη γνωστική

λειτουργία σε καταστάσεις νευροαποκατάστασης, όπως σε περιπτώσεις εγκεφαλικού επεισοδίου, διαταραχής μετατραυματικού στρες ή τραυματικής εγκεφαλικής βλάβης. Τα ρομπότ μπορούν επίσης να παρέχουν κοινωνικο-συναισθηματική υποστήριξη σε DRUs: να παρέχουν συντροφιά, να διδάσκουν άτομα με αυτισμό να μάθουν να διαβάζουν συναισθήματα ή να βοηθούν στη μείωση των συμπτωμάτων της άνοιας. Ωστόσο, υπάρχει έλλειψη κλινικών δοκιμών αποτελεσματικότητας που να δείχνουν ότι ο DRU επωφελείται σε σύγκριση με την τυπική θεραπεία, οπότε δεν είναι σαφές ποιο είναι το μέλλον αυτών των ρομπότ.

4.3. Πρόσφατες Εξελίξεις Ρομποτικής Ιατρικής

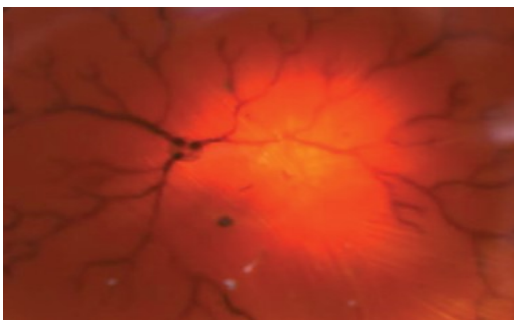
Ο χάρτης πορείας ρομποτικής των ΗΠΑ για το 2016 κυκλοφόρησε πρόσφατα, ο οποίος πλαισιώνει την τελευταία λέξη της ρομποτικής και τις μελλοντικές ερευνητικές κατευθύνσεις στον τομέα. Πάνω από 150 ερευνητές ρομποτικής συνέβαλαν, συμπεριλαμβανομένου του συγγραφέα αυτού του άρθρου. Ο χάρτης πορείας περιλαμβάνει μια λεπτομερή περίληψη των εξελίξεων στη ρομποτική που σχετίζονται με την υγεία και την ευεξία. Ορισμένοι βασικοί τομείς που εστιάζει αποτελούν: η γήρανση και βελτίωση της ποιότητας ζωής, χειρουργική και παρεπεμβατική ρομποτική, αποκαταστατική ρομποτική και κλινική υποστήριξη εργατικού δυναμικού. Γενικά, τα ρομπότ που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις περιοχές μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες: μέσα στο σώμα, πάνω στο σώμα και έξω από το σώμα. Εκείνοι μέσα και πάνω στο σώμα προορίζονται κυρίως για άμεσους χρήστες ρομπότ και εκείνοι εκτός σώματος για άμεσους χρήστες ρομπότ, παρόχους φροντίδας και γιατρούς. Αυτά τα ρομπότ έχουν την προοπτική να χρησιμοποιηθούν σε ένα εύρος χώρων φροντίδας και κλινικών εστιών και μπορούν να παρέχουν τόσο φυσική όσο και γνωστική υποστήριξη.

4.3.1. Εφαρμογές Ρομποτικής στο Εσωτερικό του Σώματος

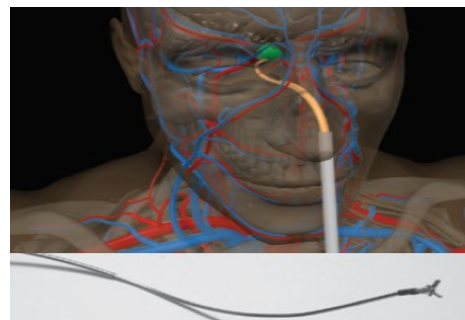
Πρόσφατες εξελίξεις για εσωτερικά ρομπότ έχουν συμβεί στους τομείς της μικρο-ρομποτικής, της χειρουργικής ρομποτικής και της παρεπεμβατικής ρομποτικής. Τα μικρο-ρομποτικά είναι συσκευές μικρής κλίμακας, αδέσμευτες που μπορούν να κινηθούν μέσα στο σώμα και μπορούν να εκτελέσουν μια σειρά λειτουργιών, όπως στοχευμένη θεραπεία (δηλαδή, τοπική παροχή φαρμάκου ή ενέργειας), αφαίρεση υλικού (για παράδειγμα, βιοψία, κατάλυση), δομικός έλεγχος (για παράδειγμα, τοποθέτηση ενδοπρόσθεσης stent) και ανίχνευση (για παράδειγμα, προσδιορισμός

των συγκεντρώσεων οξυγόνου, ανίχνευση της παρουσίας καρκίνου). Οι πρόσφατες εξελίξεις στον τομέα επέτρεψαν την ενεργοποίηση, την ισχυροποίηση και τον έλεγχο αυτών των ρομπότ. Στη χειρουργική και επεμβατική ρομποτική, έχει γίνει μια σειρά προόδων που επιτρέπουν στους κλινικούς ιατρούς να βελτιώσουν την επιδεξιότητα και την οπτικοποίηση μέσα στο σώμα και να μειώσουν τον βαθμό κίνησης κατά τη διάρκεια των επεμβάσεων. Επιπλέον, πολλά υποσχόμενα βήματα έχουν γίνει σε ρομπότ ομόκεντρου σωλήνα (ενεργός σωληνίσκος). Αυτά τα ρομπότ αποτελούνται από προκατασκευασμένους, ομόκεντρους φωλιασμένους σωλήνες που μπορούν να κάμπτονται και να στρίβουν σε όλο το σώμα. Τα ρομπότ μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μικροί τηλεκατευθυνόμενοι χειριστές ή βελόνες.

Τα ρομπότ μπορούν να εισέλθουν στο σώμα απευθείας, όπως μέσω του δέρματος ή μέσω ανοίγματος στο σώμα, είτε θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν μέσω ενδοσκοπίου. Μερικές μελλοντικές ερευνητικές οδηγίες για εντός του σώματος ρομποτ περιλαμβάνουν νέα μέσα για διαισθητική φυσική και γνωστική αλληλεπίδραση μεταξύ του χρήστη και ρομπότ, νέες μεθόδους διαχείρισης αβεβαιότητας και παροχής τρισδιάστατης εγγραφής σε πραγματικό χρόνο καθώς θα διασχίζουν τόσο παραμορφώσιμο όσο και μη παραμορφώσιμο ιστό (Εικόνα 1 και 2).



Εικόνα 1. Τα μικρο-ρομπότ είναι μικρής κλίμακας, αδέσμευτα ρομποτ που μπορούν να κινούνται μέσω του σώματος και να εκτελούν στοχευμένη θεραπεία, αφαίρεση υλικού, δομικό έλεγχο και ανίχνευση.



Εικόνα 2. Τα ρομπότ ομόκεντρων σωλήνων (ενεργά σωληνίσκοι) μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μικροί τηλεκατευθυνόμενοι χειριστές ή βελόνες και επιτρέπουν διαδικασίες σε περιοχές που δεν είναι προσβάσιμες με παραδοσιακά όργανα

4.3.2. Εφαρμογές Ρομποτικής που Φέρονται στο Σώμα

Όσον αφορά τα φορητά ρομπότ για DRUs, υπήρξαν πρόσφατες εξελίξεις στα πεδία των ενεργοποιημένων προσθετικών και ορθωτικών ρομποτ και ρομποτικών εξωσκελετών. Το πρόσθετο μέλος αντικαθιστά το χαμένο άκρο ενός ατόμου και

ενεργεί εν σειρά με το εναπομένον άκρο. Το ορθωτικό είναι μια συσκευή που βοηθά κάποιον που έχει άθικτο άκρο αλλά μια βλάβη, και ένας εξωσκελετός παρέχει είτε σε ένα άτομο με άθικτα άκρα (DRU ή άλλος) υποστήριξη ή ενίσχυση της υπάρχουσας φυσικής ικανότητας. Τα ορθωτικά και οι εξωσκελετοί δρουν παράλληλα με ένα υπάρχον άκρο. Όλα αυτά τα ρομπότ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επιτρέψουν στους DRUs να εκτελούν εργασίες. Για παράδειγμα, τα άτομα με ακρωτηριασμούς από το αντιβράχιο μέχρι τον ώμο μπορούν να χρησιμοποιούν φορητά προσθετικά ρομπότ, τα οποία μπορούν να προσφέρουν επιδεξιότητα, προέκταση και δύναμη. Άτομα με ακρωτηριασμούς κάτω άκρων ή μυϊκή αδυναμία του κάτω σώματος μπορούν να χρησιμοποιήσουν προσθετικά ενίσχυσης στο γόνατο και στον αστράγαλο για να συμμετάσχουν σε μια σειρά δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της καθημερινής κίνησης για τρέξιμο μαραθωνίων και χορού. Οι εξωσκελετοί έχουν βοηθήσει άτομα με μυϊκή αδυναμία, διαταραχές κίνησης και παράλυση. Αρκετές προόδοι έχουν γίνει πρόσφατα στον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι αλληλεπιδρούν με αυτά τα ρομπότ. Για παράδειγμα, ορισμένα πρόσθετα μέλη ρομπότ προσφέρουν νευρική ενοποίηση για να παρέχουν ανατροφοδότηση αφής και όλο και πιο διαισθητικό έλεγχο του άκρου. Άλλες προόδους περιλαμβάνουν αύξηση του χώρου εργασίας και του εύρους κίνησης των φορητών ρομπότ, καθώς και βελτιώσεις στην άνεση του χρήστη.



Εικόνα 3. Ρομποτικά προσθετικά και εξωσκελετοί.

Τα άτομα με ακρωτηριασμούς από το αντιβράχιο μέχρι τον ώμο μπορούν να χρησιμοποιούν φορητά πρόσθετα μέλη ρομπότ, τα οποία μπορούν να προσφέρουν λεπτομερή επιδεξιότητα, προέκταση και δύναμη. Άτομα με ακρωτηριασμό κάτω άκρων ή μυϊκή αδυναμία στο κάτω μέρος του σώματος μπορούν να χρησιμοποιούν προσθετικά ενίσχυσης στο γόνατο και στον αστράγαλο για να κάνουν τα πάντα, από

το τρέξιμο μαραθωνίων έως το χορό. Οι εξωσκελετοί έχουν βοηθήσει άτομα με μυϊκή αδυναμία, διαταραχές της κίνησης ή παράλυση (Εικόνα 3).

4.3.3. Εφαρμογές Ρομποτικής Εξωτερικά του Σώματος

Ρομπότ έξω από το σώμα χρησιμοποιούνται σε πολλούς χώρους κλινικής εφαρμογής. Για τους κλινικούς ιατρούς, οι φορητοί χειριστές χρησιμοποιούνται για να βοηθήσουν στη θεραπεία ασθενών με εξαιρετικά μολυσματικές ασθένειες, αρωγή σε απομακρυσμένες χειρουργικές επεμβάσεις, και βοηθούν στην παροχή φυσικής υποστήριξης σε κλινικούς γιατρούς κατά τη μετακίνηση των ασθενών. Χρησιμοποιούνται επίσης εκτενώς στην κλινική εκπαίδευση, όπως συζητήθηκε προηγουμένως. Τα ρομπότ διερευνούνται επίσης σε ψυχικές και συμπεριφορικές εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης. Τα ρομπότ χρησιμοποιούνται για να υποστηρίξουν άτομα με διαταραχή του φάσματος του αυτισμού και γνωστικές διαταραχές, να ενθαρρύνουν την ευεξία και να παρέχουν συντροφιά. (Δείτε το Riek29 για μια λεπτομερή ανασκόπηση αυτών των εφαρμογών). Για υποστήριξη φυσικής εργασίας, τα ρομπότ μπορούν να παρέχουν εξωτερικές δυνατότητες χειρισμού και ανίχνευσης σε DRUs. Για παράδειγμα, οι βραχίονες ρομπότ που είναι τοποθετημένοι σε αναπηρική καρέκλα μπορούν να προσφέρουν προέκταση, οι έξυπνες αναπηρικές καρέκλες μπορούν να βοηθήσουν στη διευκόλυνση της ασφαλούς πλοήγησης και του ελέγχου και τα υποκατάστατα ρομπότ τηλεπαρουσίας μπορούν να επιτρέψουν σε άτομα με σοβαρές κινητικές βλάβες τη δυνατότητα να πετάξουν, να δώσουν ομιλίες TED και να φτιάξουν καφέ (Carlson, T. and Demiris et. Al, 2012). Υπάρχουν και άλλα παραδείγματα εξωτερικών ρομπότ που δεν εμπίπτουν στο πεδίο αυτού του άρθρου, αλλά θα μπορούσαν να αποδειχθούν εξαιρετικά σχετικά με την υγειονομική περίθαλψη. Για παράδειγμα, τα αυτόνομα οχήματα μπορούν να παρέχουν νέες ευκαιρίες στους DRUs να μετακινούνται ή να επιτρέψουν στους τεχνικούς επείγουσας ιατρικής φροντίδας (Emergency Medical Technicians – EMTs) να επικεντρώνονται στη θεραπεία ασθενών παρά στην οδήγηση ασθενοφόρων. Η τηλεπαρουσία μπορεί επίσης να έχει απρόβλεπτες εφαρμογές στην υγειονομική περίθαλψη, όπως στον εναέριο χειρισμό, παράδοση ιατρικών προμηθειών με μη-επανδρωμένο αεροσκάφος (drone), μεταξύ άλλων.

- **Κινητοί χειριστές:** Οι κλινικοί γιατροί μπορούν να τηλεδιευθύνουν με ασφάλεια κινητά ρομπότ για τη θεραπεία ασθενών με εξαιρετικά μολυσματικές ασθένειες όπως η ασθένεια του ιού Ebola (Εικόνα 4).

- **Προσομοιωτές ασθενών:** Πάνω από 180.000 ιατροί εκπαιδεύονται ετησίως σε ρομποτικούς προσομοιωτές ασθενών υψηλής πιστότητας, οι οποίοι μπορούν να προσομοιώσουν φυσιολογικά στοιχεία και να αισθανθούν και να ανταποκριθούν στους σπουδαστές (Εικόνα 5).
- **Ψυχική και συμπεριφορική υγειονομική περίθαλψη:** Τα ρομπότ μπορούν να υποστηρίξουν άτομα με γνωστικές διαταραχές, να διευκολύνουν τη νευροαποκατάσταση, να υποστηρίξουν την ευεξία ή να προσφέρουν συντροφιά (Εικόνα 6).
- **Υποστήριξη φυσικής εργασίας:** Τα ρομπότ μπορούν να υποστηρίξουν άτομα με κινητικές βλάβες, κινητικές διαταραχές και εγκεφαλικούς τραυματισμούς για να παρέχουν δυνατότητες εξωτερικού χειρισμού (Εικόνα 7).



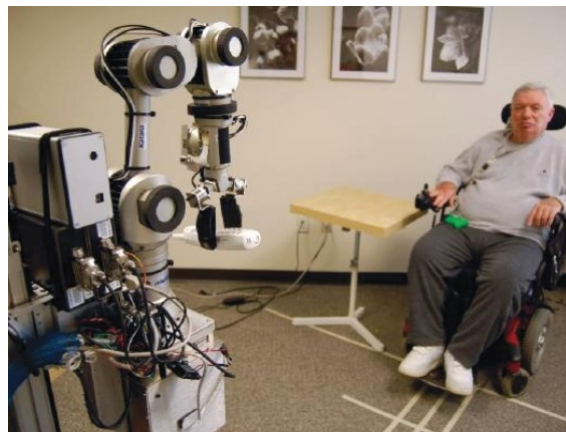
Εικόνα 4. Κινητοί χειριστές



Εικόνα 5. Προσομοιωτές ασθενών.



Εικόνα 6. Ρομπότ ψυχικής και συμπεριφορικής υγειονομικής περίθαλψης.



Εικόνα 7. Υποστήριξη φυσικής εργασίας.

5. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση Μελετών που Σχετίζονται με Εφαρμογές της Ρομποτικής στην Ιατρική

5.1. Ρομποτική για την Ασφάλεια των Ασθενών

Ενώ οι λιγότερο επεμβατικές διαδικασίες παρέχουν καλύτερα χειρουργικά αποτελέσματα από τις λαπαροσκοπικές διαδικασίες, οι δυσκολίες χειρισμού και ο περιορισμένος χώρος εργασίας καθίστανται σοβαρότερες (Koutenaiei et al., 2015). Ενώ τα χειρουργικά ρομπότ μίας θύρας θεωρούνται ειδικός τύπος λαπαροσκοπικού ρομπότ, το ρομπότ NOTES χρειάζεται νέες τεχνολογίες και αντιμετωπίζει νέες προκλήσεις (Zygomalas et al., 2015). Οι Mathelin et al. ανέπτυξαν το STRAS για ενδοφωτεινοχειρουργική επέμβαση και για ενδοφωτική χειρουργική επέμβαση. Το ρομπότ STRAS σχεδιάστηκε ως ένα αρθρωτό ρομποτικό σύστημα, συμβατό με το ιατρικό περιβάλλον, επιτρέποντας μια εύκολη εγκατάσταση στο χειρουργείο χρησιμοποιώντας εύκαμπτους άξονες και τμήματα συνεχούς κάμψης. Παρέχει έως 10 DOF, επιτρέποντας την τρισδιάστατη τοποθέτηση μιας ενδοσκοπικής κάμερας, τη θέση δύο οργάνων και τις λειτουργίες ανοίγματος-κλεισίματος της λαβής (De Donno et al., 2013). Ερευνητές στο Πανεπιστήμιο του Wisconsin-Madison, με επικεφαλής τον M. Zinn, πρότειναν μια νέα προσέγγιση για συνεχή ρομποτική χειραγώγηση, η οποία συνδυάζει ευέλικτα τμήματα συνεχούς ρεύματος με μικρούς ενεργοποιητές άκαμπτης σύνδεσης περιγράμματος. Οι μικροί άκαμπτοι σύνδεσμοι ενώνονται μεταξύ διαδοχικών τμημάτων συνεχούς σύνδεσης και παρέχουν εφεδρική δυνατότητα διόρθωσης κίνησης και σφαλμάτων. Αν και επέδειξαν την προσέγγισή τους μόνο για περιπτώσεις με περιορισμένο αριθμό DOF, η προσέγγισή τους είχε ορισμένες δυνατότητες να αντισταθμίσει τα εύκαμπτα σφάλματα κίνησης τμημάτων, από τα οποία πάσχει η πλειονότητα των ρομπότ NOTES (Conrad et al., 2013). Σε αντίθεση με τα λαπαροσκοπικά ρομπότ, τα οποία δεν είναι τίποτα άλλο παρά μηχανικές εκδόσεις παραδοσιακών οργάνων, το NOTES δεν μπορεί να λειτουργήσει εύκολα ή να διαφοροποιηθεί χρησιμοποιώντας παραδοσιακά ενδοσκοπικά όργανα. Η επιτυχία του NOTES θα εξαρτηθεί επομένως από επαρκείς βελτιώσεις του ρομπότ NOTES, το οποίο απαιτεί επαρκείς δυνάμεις χειρισμού κατά τη λειτουργία του και επαρκή ευελιξία κατά την εισαγωγή των οργάνων στην ίδια πλατφόρμα, πράγμα που είναι δύσκολο να επιτευχθεί λόγω του αντιφατικού χαρακτήρα των απαιτήσεων.

Η χειρουργική ρομποτική είναι ένας σχετικά νέος ερευνητικός τομέας, με την επέμβαση με τη βοήθεια ρομπότ να αναφέρεται για πρώτη φορά το 1985. Ένα βιομηχανικό ρομπότ Puma 560 (Advance Research & Robotics, Oxford, CT, ΗΠΑ) τροποποιήθηκε ώστε να χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της τροχιάς μιας βιοψίας εγκεφάλου, αξιοποιώντας τα χαρακτηριστικά των βιομηχανικών ρομπότ, όπως η υψηλή επαναληπτική ακρίβειά τους και η απόλυτη ακρίβεια προσδιορισμού θέσης (Kwoh et al., 1988). Η ελάχιστη επεμβατική χειρουργική επέμβαση, η οποία περιλαμβάνει λαπαροσκοπική χειρουργική, υπήρξε η σημαντικότερη πρόοδος σε κάθε ειδικότητα της χειρουργικής τις τελευταίες δεκαετίες. Επειδή μια ελάχιστα επεμβατική διαδικασία χρησιμοποιεί μικρότερες τομές ή ανοίγματα από τη συμβατική χειρουργική, έχει αρκετά πλεονεκτήματα έναντι της παραδοσιακής ανοικτής χειρουργικής, όπως γρήγορη ανάρρωση, λιγότερες ουλές και μικρότερες νοσοκομειακές διαμονές. Αν και υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα από την πλευρά των ασθενών, ο χειρουργός παρεμποδίζεται, για παράδειγμα, από την περιορισμένη όραση, την έλλειψη δύναμης ανάδρασης, ένα πολύ περιορισμένο εύρος κίνησης και μια δράση που καθιστά δύσκολο το χειρισμό των ιστών. Αυτές οι δυσκολίες ερμηνεύονται από τους μηχανικούς ως "εργατικότητα" και ένα ρομποτικό σύστημα για επεμβατικές επεμβάσεις θεωρήθηκε ότι τις υπερνίκησε. Μετά την ιστορία επιτυχίας του χειρουργικού συστήματος da Vinci (Intuitive Surgical, Mountain View, CA, USA), το οποίο ιδρύθηκε το 1995, τα πλεονεκτήματα της χρήσης ενός ρομπότ έχουν τεκμηριωθεί και γίνει αποδεκτά από πολλούς κλινικούς τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Η κάμερα στον βραχίονα επιτρέπει τη βελτιωμένη ή τρισδιάστατη απεικόνιση μέσω στερεοσκοπικής απεικόνισης. Οι χειριστές με δύο ή τρεις βαθμούς ελευθερίας (degrees of freedom - DOF) φέρουν τα όργανα, ενώ περιλαμβάνουν τον αρθρωτό EndoWrist, ο οποίος παρέχει μεγαλύτερη επιδεξιότητα, ειδικά στην ραφή. Πολλοί ερευνητές έχουν επιδιώξει άλλους στόχους. Μια αξιοσημείωτη εξέλιξη είναι η πλατφόρμα «RAVEN Χειρουργικά Ρομπότ», η οποία δημιουργήθηκε από ομάδα ερευνητών με επικεφαλής τον Hannaford, επιδεικνύοντας απομακρυσμένες χειρουργικές επεμβάσεις μέσω διαφόρων δικτυακών συνθηκών το 2007 (Lum et al., 2009). Πρόσφατα, η ομάδα ανέπτυξε το μικρότερο RAVEN 2, το οποίο έχει χέρια πιο επιδέξια και μπορεί να κρατήσει χειρουργικά εργαλεία κατά τη διάρκεια χειρουργικών επεμβάσεων και ανέπτυξε το λογισμικό της χρησιμοποιώντας κωδικούς ανοικτού κώδικα, ώστε το RAVEN να μπορεί να συνδεθεί με άλλες συσκευές. Το σύστημα χειρουργικής Da Vinci είναι δαπανηρό και χρησιμοποιεί

ιδιόκτητο λογισμικό, ενώ το ρομποτικό σύστημα RAVEN είναι πιο προσβάσιμο από ερευνητές σε ολόκληρο τον κόσμο (Hannaford et al., 2012). Αν και η λαπαροσκοπική ραφή έγινε ευκολότερη με τη χρήση των εργαλείων EndoWrist και ενός στερεοφωνικού οπτικού συστήματος μίας θύρας, η πρόοδος στον προσανατολισμό και τον χειρισμό καμπύλων βελόνων εντός του παραμορφώσιμου ιστού ήταν αργή. Η έρευνα των Drake et al. μελέτησε μια αυτοματοποιημένη μέθοδο ραφής που υιοθετεί έναν μόνο χειριστή για την υλοποίηση μιας εργασίας ραφής με ένα τυπικό λαπαροσκοπικό στήριγμα βελόνας και κυρτή βελόνα ραφής. Οι τρισδιάστατες εικόνες λαμβάνονται από κλινικό ενδοσκόπιο που χρησιμοποιεί ελλειπτικό/κυκλικό αλγόριθμο μέτρησης πόζας, ο οποίος ανιχνεύει δυναμικά τη βελόνα ραφής και τους δείκτες επιφάνειας (Iyer et al., 2013). Η διεισδυτικότητα της λαπαροσκοπικής χειρουργικής έχει μειωθεί καθώς οι τεχνικές και ο εξοπλισμός έχουν προηγηθεί. Η έννοια της ελάχιστης εισβολής είχε ως αποτέλεσμα την εξέλιξη νέων τύπων χειρουργικών ρομπότ που απαιτούν μόνο ένα άνοιγμα (χειρουργική επέμβαση μίας θύρας) ή, στην περίπτωση της NOTES (Natural Orifice Translumenal Endoscopic Surgery), κανένα τεχνητό άνοιγμα του δέρματος. Οι διαδικασίες αυτές χρησιμοποιούν κυρίως ενδοσκοπικά όργανα, τα οποία είναι λεπτότερα και πιο εύελικτα. Η χειρουργική επέμβαση μίας θύρας είναι μια χειρουργική μέθοδος που εκτελείται με την εισαγωγή πολλών χειρουργικών οργάνων και λαπαροσκοπίου μέσω ομφαλικής τομής (Shin & Kwon, 2013). Η ερευνητική ομάδα των Shin & Kwon πρότεινε ένα χειρουργικό σύστημα ρομπότ για χειρουργική επέμβαση μίας θύρας, το οποίο χρησιμοποιεί ειδικό μηχανισμό αρθρώσεων για την αποφυγή συγκρούσεων μεταξύ χειρουργικών εργαλείων ή βραχιόνων και προσεγγίζει τον χειρουργικό στόχο πιο εύκολα από ένα συμβατικό ευθύγραμμο χειρουργικό εργαλείο (Shin & Kwon, 2013). Η μελέτη των Kim et al. επίσης ανέπτυξε ένα χειρουργικό ρομπότ για λαπαροσκοπική χειρουργική επέμβαση μίας επίπτωσης. Το ρομποτικό τους σύστημα περιλαμβάνει έναν μηχανισμό απομακρυσμένου κέντρου κίνησης κώνου και δύο αρθρωτά όργανα με εύλεκτο γωνιώδη άρθρωση, ενώ απέδειξαν ότι το ρομπότ μπορεί να μεταφέρει ωφέλιμο φορτίο άνω των 10 N και περιέγραψαν προκαταρκτικά πειράματα για τη μεταφορά πηνίων και την κίνηση ραφής χρησιμοποιώντας το προτεινόμενο χειρουργικό ρομπότ (Choi et al., 2014). Οι Dario et al. ανέπτυξαν το χειρουργικό σύστημα Araknes για λαπαροσκόπηση μίας θύρας μέσω διεθνούς συνεργασίας και έδειξαν το πλαίσιο σχεδίασης τους για χειρουργικά ρομπότ, όπως αρχιτεκτονικές λογισμικού και ελεγκτές υλικού, ενώ συνόψισαν σημαντικά θέματα

και βήματα για την ανάπτυξη χειρουργικών ρομπότ που θα χρησιμοποιηθούν σε χειρουργικούς χώρους (Sánchez et al., 2014). Η ομάδα ανέπτυξε επίσης μια ρομποτική πλατφόρμα για χειρουργική επέμβαση υποβοηθούμενη από λέιζερ για καλοήγη υπερπλασία του προστάτη. Το σύστημα αποτελείται από ένα ρομπότ που μοιάζει με καθετήρα και διαθέτει σύστημα αισθητήρων που βασίζεται σε οπτικές ίνες και μηχανισμό ενεργοποίησης που λειτουργεί με καλώδια (Russo et al., 2014).

5.2. Ιατρική Προσομοίωση

Η φύση των ελάχιστα παρεμβατικών διαδικασιών οδήγησε στην ανάπτυξη μιας άλλης ενδιαφέρουσας τεχνολογίας, δηλαδή των τεχνολογιών εικονικής πραγματικότητας, στον τομέα της ιατρικής κατάρτισης. Επειδή η αίσθηση της αφής έχει μειωθεί με την εισαγωγή ελάχιστα επεμβατικών τεχνικών σε σύγκριση με την ανοικτή χειρουργική επέμβαση, οι χειρουργοί πρέπει να βασίζονται περισσότερο στην αίσθηση των αλληλεπιδράσεων εργαλείων-ιστών μέσω ενός μακροχρόνιου λεπτού οργάνου και να απαιτούν περισσότερη εκπαίδευση για την επιτυχή χειρουργική επέμβαση στους ασθενείς. Στην πραγματικότητα, η τελειοποίηση του αισθητηριακού κινητικού συστήματος του χειρουργού διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην τέχνη της ελάχιστα επεμβατικής χειρουργικής (Basdogan et al., 2004). Οι ιατρικές προσομοιώσεις που βασίζονται στην εικονική πραγματικότητα παρέχουν ένα περιβάλλον παρόμοιο με αυτό της πραγματικής ιατρικής χειρουργικής για την εκπαίδευση χειρουργών, και επομένως οι χειρουργοί μπορούν να αποκτήσουν πολυάριθμες ιατρικές δεξιότητες χωρίς να προκαλούν προβλήματα στον πραγματικό κόσμο. Ειδικότερα, η εμφάνιση των χαπτικών συσκευών με γραφικά υψηλής πιστότητας παρέχει επαρκές επίπεδο ρεαλισμού στην προσομοίωση της λαπαροσκοπικής χειρουργικής, η οποία απαιτεί μόνο περιορισμένο πεδίο εικόνων και δυναμική ανάδραση μέσω μακρών, λεπτών εργαλείων. Για παράδειγμα, το Symbionix (Cleveland, OH, ΗΠΑ) παρέχει ένα διευρυνόμενο σύνολο ενοτήτων, συμπεριλαμβανομένων εκείνων για την εκπαίδευση των συνδεδετικών δεσμών, της ραφής και της παράκαμψης γαστρικών υδάτων, καθώς και για τις εργασίες λήψης αποφάσεων και τις ομαδικές εργασίες (Coles et al., 2010). Επίσης, καλύπτει διάφορες διαδικασίες όπως πχ ενδοαγγειακές, αλλά και λαπαροσκοπικές χειρουργικές επεμβάσεις. Αν και έχουν διεξαχθεί εκτενείς συζητήσεις σχετικά με την αποτελεσματικότητα της εκπαίδευσης με βάση την προσομοίωση, πρόσφατη συστηματική μελέτη έδειξε ότι η εκπαίδευση με βάση την προσομοίωση για τη

λαπαροσκοπική χειρουργική έχει μεγάλα οφέλη σε σύγκριση με την απουσία παρέμβασης και είναι μετρίως πιο αποτελεσματική από την εκπαίδευση χωρίς προσομοίωση, η οποία ήταν το μοντέλο εκπαίδευσης με βάση τη μαθητεία (Coles et al., 2010). Επί του παρόντος, οι ερευνητές και οι βιομηχανίες ιατρικής προσομοίωσης πιέζουν έντονα την ανάπτυξη μιας πιο ευέλικτης συσκευής ανατροφοδότησης δυνάμεων, οικονομικά αποδοτικής αφαιρετικής ανάδρασης, καθώς και τα μέτρα σχεδιασμού και κατάρτισης προγραμμάτων σπουδών λογισμικού.

5.3. Μηχανικές Συσκευές για Αίθουσες Λειτουργίας

Παρά την επιτυχία των ρομπότ da Vinci, υπάρχουν πολλές διαδικασίες που αναμένουν προηγμένες τεχνολογίες. Ωστόσο, στο παρασκήνιο, πολλές ρομποτικές συσκευές και τεχνολογίες έχουν εφαρμοστεί σε παραδοσιακές χειρουργικές επεμβάσεις και ελάχιστα επεμβατικές χειρουργικές επεμβάσεις.

Πρώτον, πολλά μικτρονικά συστατικά προστέθηκαν σε παραδοσιακά χειρουργικά μέσα για την ενίσχυση των δυνάμεων αλληλεπίδρασης μεταξύ εργαλείων και ιστών ή για τη μέτρηση των δυνάμεων που είναι κρίσιμες για τις προδιαγραφές σχεδιασμού της χειρουργικής συσκευής/ρομπότ. Πρόσφατα, οι Jo et al. δημιούργησαν δύο λαβές συμβατές με το DOF για τη μέτρηση των δυνάμεων έλξης και λαβής στην άκρη ενός χειρουργικού εργαλείου για τη βελτίωση της πεπτικής ανάδρασης ενός χειρουργικού ρομπότ (Hong & Jo, 2012). Οι Zhang et al. σχεδίασαν και κατασκεύασαν ένα όργανο ανίχνευσης δύναμης πολλαπλής DOF για τον υπολογισμό των δυνάμεων λειτουργίας με τη χρήση καλωδιακής μηχανής (He et al., 2014). Οι Sutherland et al. σχεδίασαν μικρομονάδες ανίχνευσης δύναμης που μετρούν τις δυνάμεις που ασκούν οι χειρουργοί κατά τη διάρκεια νευροχειρουργικών επεμβάσεων. Σε μια μελέτη για το ανθρώπινο πτώμα, διαπίστωσαν ότι οι δυνάμεις που απαιτούνται για το χειρισμό του εγκεφαλικού ιστού ήταν πολύ χαμηλές και ποικίλλουν ανάλογα με την ανατομική δομή που χειραγωγείται (Marcus et al., 2014). Οι Yang et al. σχεδίασαν μια χειροκίνητη συσκευή ικανή να ενισχύσει ευαίσθητες μικροεπεμβατικές δυνάμεις κατά τη διάρκεια ελάχιστων επεμβατικών χειρουργικών εργασιών. Η συσκευή αναμεταδίδει μετρούμενες δυνάμεις που έχουν εισαχθεί στο χρήστη από το χειρουργικό όργανο, καταδεικνύοντας πενταπλάσια μείωση του ελάχιστου ορίου δύναμης που παρατηρήθηκε από τα άτομα κατά τη διάρκεια μικροχειρουργικής επέμβασης (Payne et al., 2012). Η ομάδα των Iordachita & Tayer ανέφερε την ανάπτυξη ενός αισθητήρα αλάτωσης οπτικής ίνας Bragg, ο οποίος έχει την ικανότητα

όχι μόνο να ανιχνεύει δυνάμεις στην άκρη ενός χειρουργικού εργαλείου που βρίσκεται μέσα στο μάτι, αλλά και να παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη δύναμη αλληλεπίδρασης μεταξύ του άξονα του οργάνου και της σκλήρυνσης κατά τη διάρκεια χειρουργικής επέμβασης υαλογραφίας. Το τμήμα της σκλήρυνσης παρέχει ζωτική ανατροφοδότηση για συνεταιριστικό έλεγχο ρομπότ ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι δυνητικά επικίνδυνες δυνάμεις που δρουν στο μάτι. Η χρήση του ρομπότ κλιμάκωσης της δύναμης επέτρεψε σημαντική μείωση των δυνάμεων στη σκλήρυνση (Gonenc et al., 2014). Επίσης, έχουν διερευνηθεί ενεργά χειρουργικές συσκευές με όργανα και προηγμένες δομές υλικού. Οι Webster et al. ανέπτυξαν ένα τηλερομποτικό σύστημα για τη διατηρητική χειρουργική που χρησιμοποιεί έναν μηχανισμό συνεχούς λειτουργίας ομόκεντρων σωλήνων. Τα ρομπότ συνεχούς σχήματος καθετήρα είναι κατάλληλα για επεμβατικές χειρουργικές επεμβάσεις σε περιορισμένο χώρο του σώματος (Burgner, 2013). Η έρευνά τους υπογράμμισε τη δυνατότητα για χειρουργικές επεμβάσεις όπως εγχειρήσεις στο κρανίο της ενδοναρασικής βάσης, η οποία απαιτεί μεγαλύτερη επιδεξιότητα στη χρήση οργάνων. Ένας παρόμοιος μηχανισμός διερευνήθηκε για ένα νευροχειρουργικό παράδειγμα που αφορά την αιματολογική αιώρηση του υποδόριου πλέξου για την υδροκέφαλη θεραπεία και το κλείσιμο ενός διπλώματος ευρεσιτεχνίας για ωθητική στο εσωτερικό της καρδιακής παλμών (Bedell et al., 2011). Πρόσφατα, η ομάδα του Webster ανέπτυξε ένα νέο χειροκίνητο ρομποτικό σύστημα για νέα ολιμιακή εκτόξευση λέιζερ του προστάτη (holmium laser enucleation of the prostate - HoLEP), το οποίο είναι γνωστό ότι έχει καλύτερα κλινικά αποτελέσματα από την Υπερπυρηνική Εκτομή του Προστάτη (Transurethral Resection of the Prostate - TURP), ωστόσο δεν χρησιμοποιείται επαρκώς λόγω της πρόκλησης που έχει ο χειρουργός να εκτελέσει χρήση συμβατικών ενδοσκοπικών οργάνων. Το σύστημα παρέχει στον χειρουργό δύο συσκευές χειρισμού ομόκεντρων σωλήνων που μπορούν να στοχεύσουν το λέιζερ και να χειριστούν τον ιστό ταυτόχρονα. Οι χειριστές αναπτύσσονται μέσω ενός καναλιού εργασίας 5 mm σε ένα ενδοσκόπιο #26-french (8,66 mm) που χρησιμοποιείται κλινικά για τις διουρητικές διαδικασίες (Hendrick et al., 2014).

Οι ειδικές χειρουργικές επεμβάσεις έχουν συγκεκριμένες μηχανικές προκλήσεις. Ερευνητές ρομποτικής συνεργάστηκαν με κλινικούς για να ξεπεράσουν αυτές τις προκλήσεις. Οι Howe et al. Ανέπτυξαν έναν ειδικό αλγόριθμο ελέγχου για

χειρουργική επέμβαση καρδιάς που χτυπά. Ελέγχοντας ένα τηλεκατευθυνόμενο ρομπότ να ακολουθεί συνεχώς την κίνηση της καρδιάς που δονείται, η καρδιά μπορεί να φαίνεται ακίνητη. Χρησιμοποιώντας τη θεωρία του Smith εντόπισαν επιτυχώς την καρδιακή κίνηση κατά τη διάρκεια μιας χειρουργικής διαδικασίας (Bowthorpe et al., 2013). Μια ερευνητική ομάδα στο Πανεπιστήμιο του Johns Hopkins ανέπτυξε ένα ολοκληρωμένο σύστημα υποβοήθησης της μεμβράνης σε διαδικασίες υαλοπίνακα, συνδυάζοντας έναν ενεργό μικροχειριστή που ακυρώνει τον τρόμο με μηχανοκίνητα μικροφορεία με αισθητική δύναμη. Οι μικρολαβές τους είναι ένα όργανο 20-Ga που αποσυνδέεται μηχανικά από τη λαβή του και ανιχνεύει τις εγκάρσιες δυνάμεις στις άκρες του με ακρίβεια 0,3 mN (He et al., 2013). Τέλος, αναπτύχθηκαν ρομποτικές συσκευές για να βοηθήσουν στην υιοθέτηση νέων μεθόδων απεικόνισης ή νέων διαδικασιών. Οι Simaan et al. σχεδίασαν ένα ρομποτικό χειριστήριο με 11 DOFs για μικροαγγειακή χειρουργική αμφιβληστροειδούς, το οποίο χρησιμοποιεί ενδοπροθέσεις για τη διατήρηση της δομικής ακεραιότητας στις διασταυρώσεις αρτηρίας/φλέβας για οφθαλμική μικροχειρουργική επέμβαση. Το ρομπότ επιτρέπει επίσης την ταχεία ανταλλαγή χειρουργικών ορθογραφικών σημαδιών και την ενσωμάτωση ενός προσαρμοσμένου γεωγραφικού καθετήρα οπτικής συνοχής B για καθοδήγηση εικόνας (Yu et al., 2013). Ο όμιλος SSSA με επικεφαλής τον Menciassi ανέπτυξε ένα λαπαροσκόπιο πολλαπλών σκοπών, με μαγνητική ενεργοποίηση, για την εφαρμογή αυτοστερεοσκοπικών οθονών εννέα προβολών σε χειρουργική επέμβαση ελάχιστης εισβολής. Το σύστημα έχει αγκυρωθεί με μαγνητική σύνδεση προς την κοιλιακή χώρα και μετακινείται ελεύθερα με μαγνητική ενεργοποίηση για την προσαρμογή των οπτικών σημείων και των οριζόντων των φωτογραφικών μηχανών (Ranzani et al., 2013). Ο Gitlin ανέπτυξε το Μικροσκοπικό Αγκυρωμένο Ρομποτικό Βιντεοσκόπιο για Ταχεία Λαπαροσκόπηση (Miniature Anchored Robotic Videoscope for Expedited Laparoscopy - MARVEL) και μια ασύρματη μονάδα λαπαροσκοπικής κάμερας που επιτρέπει ασύρματη ρομποτική λαπαροσκοπική απεικόνιση. Δύο μονάδες κάμερας MARVEL δοκιμάστηκαν επιτυχώς in vivo (εν ζωή) σε χοιροειδές υποκείμενο.

5.4. Αποκατάσταση και Βοηθητικά Ρομπότ

Η ArmeoPower ήταν το πρώτο εμπορικά διαθέσιμο ρομπότ αποκατάστασης εξωσκελετικού τύπου για κινητικές ικανότητες και παρέχει εκπαίδευση βραχίονα βάσει ADL σε μεγάλο χώρο εργασίας. Το ARMin σχεδιάστηκε από τον καθηγητή

Riener στο Πανεπιστήμιο της Ζυρίχης για ασθενείς με τραυματικές εγκεφαλικές βλάβες, εγκεφαλικά επεισόδια και νευρολογικές διαταραχές για να βελτιώσει τις λειτουργίες χεριών και χεριών (Riener et al., 2005). Το ArmeoSpring είναι ένα παθητικό ρομπότ αποκατάστασης κινητικών ικανοτήτων και παρέχει εκπαίδευση βραχίονα βάσει ADL σε μεγάλο χώρο εργασίας. Το ArmeoSpring είναι παθητική βοηθητική συσκευή για αποκατάσταση των άνω άκρων χρησιμοποιώντας μηχανισμό αντιστάθμισης της βαρύτητας με βάση την άνοιξη. Η δύναμη υποβοήθησης ρυθμίζεται λαμβάνοντας υπόψη τη μυϊκή δύναμη και το βάρος του βραχίονα του χρήστη. Η αποτελεσματικότητα του ArmeoSpring αναφέρθηκε από τον καθηγητή Reinkensmeyer στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια στο Ινστιτούτο Αποκατάστασης του Σικάγο (Sanchez et al., 2004). Το NeuroMove ανιχνεύει τα σήματα EMG χρησιμοποιώντας τρία ηλεκτρόδια, και η ηλεκτρική διέγερση παρέχεται στο χρήστη. Τα μυϊκά σήματα εμφανίζονται επίσης για το χρήστη σε πραγματικό χρόνο για την απελευθέρωση της κίνησης. Ο BiManu-Track παρέχει εκπαίδευση με διάυλο βραχίονα στη βάση της θεραπείας με καθρέφτες. Οι μετακινήσεις των πληττόμενων πλευρών υποβοηθούνται από τη βοήθεια του μη επηρεαζόμενου άκρου (Hesse et al., 2003). Με τον τρόπο αυτό, παρατηρήθηκε μια φλοιώδης απεικόνιση του χεριού μεγαλύτερη από την αναπαράσταση του ώμου. Το ReoGo είναι ένα τρισδιάστατο σύστημα αποκατάστασης του άνω άκρου για την εκπαίδευση επαναληπτικών κινήσεων βραχίονα (Bovolenta et al., 2011). Το σύστημα έχει το πλεονέκτημα μιας ευρείας ποικιλίας ασθενών, προσαρμόζοντας το επίπεδο βοήθειας. Η ποικιλία του επιπέδου βοήθειας και των παιχνιδιών που βασίζονται στην κίνηση ενισχύουν τα κίνητρα του χρήστη. Όσον αφορά την αποκατάσταση του κάτω άκρου, το Lokomat, σε συνδυασμό με ρομποτική ορθογραφία βάδισης, προηγμένη υποστήριξη σωματικού βάρους και κατασκευή ποδηλατοδρόμων, ήταν το πρώτο εμπορικά διαθέσιμο ενεργό σύστημα αποκατάστασης βάδισης. Επί του παρόντος, το Lokomat είναι το πιο γνωστό σύστημα αποκατάστασης κάτω άκρων, το οποίο παρουσιάζει αποτελέσματα κλινικής αξιολόγησης (Krewer et al., 2007). Το LokoHelp αποτελείται από μια δέσμη ενεργειών που υποστηρίζει το σωματικό βάρος και ένα προγραμματιζόμενο πεντάλ. Αν και οι κλινικές αξιολογήσεις του LokoHelp έχουν έλθει εις πέρας, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αποτελεσματικότητα του συστήματος ήταν παρόμοια με τη χειροκίνητη εκπαίδευση, ωστόσο, η προσπάθεια και η ενόχληση του θεραπευτή μειώνεται, όταν χρησιμοποιείται το LokoHelp. Το ReoAmbulator είναι ένα από τα συστήματα αποκατάστασης κάτω άκρων με βάση

τον ηλεκτρικό διάδρομο, συμπεριλαμβανομένης της θωρακικής θωράκισης και ρομποτικών βραχιόνων δεμένων στο μηρό και στον αστράγαλο του χρήστη (West, 2004).

5.4.1. Συμβατική και Ρομποτική Θεραπεία

Έχουν προταθεί θεραπείες με τη βοήθεια ρομπότ για να ικανοποιήσουν τις αυξανόμενες απαιτήσεις μιας γηράσκουσας κοινωνίας, ωστόσο αριθμός των θεραπειών είναι ανεπαρκής σε σύγκριση με τον αριθμό των ασθενών. Η φυσική θεραπεία περιλαμβάνει την επίπονη και επαναλαμβανόμενη παρέμβαση των θεραπειών. Στην αποκατάσταση βάδισης, ένας ασθενής αναγκάζεται να μετακινήσει τα πόδια του παθητικά από τρεις θεραπευτές. Επιπλέον, οι φυσικοί θεραπευτές και οι επαγγελματίες θεραπευτές συνεργάζονται για τη θεραπεία των ασθενών. Η ρομποτική αποκατάσταση αναμένεται να υποστηρίξει έναν θεραπευτή, επιτρέποντας πιο εντατική και επαναλαμβανόμενη εκπαίδευση, με στόχο να αξιολογήσει ποσοτικά την ανάκτηση των κινητήρων των ασθενών, μετρώντας τις αλλαγές στην κινητική και τις δυνάμεις. Έχουν αναπτυχθεί πολλά είδη ρομποτικών συστημάτων αποκατάστασης, αλλά δεν έχουν αξιολογηθεί κλινικά διεξοδικά.

5.4.2. Προοπτική Συμβατικής Αποκατάστασης

Η φυσική θεραπεία επικεντρώνεται στην αξιολόγηση και διάγνωση των κινητικών δυσλειτουργιών, καθώς επίσης στη θεραπεία τραυματισμού ενός ασθενούς. Σε σύγκριση με τη φυσική θεραπεία, η επαγγελματική θεραπεία τείνει να εστιάζει περισσότερο στη βελτίωση των λειτουργικών ικανοτήτων. Ο ασθενής λαμβάνει θεραπεία με συνδυασμό των δύο θεραπειών από τον θεράποντα ή τον ιατρό, ενώ απαιτείται ένα αποτελεσματικό πρωτόκολλο θεραπείας σε σχέση με το κόστος και το χρόνο. Οι Taub et al. πρότειναν την έννοια της θεραπείας κινήσεων λόγω περιορισμών (constraint-induced movement therapy - CIMT), η οποία περιλαμβάνει επαναληπτικές ασκήσεις του προσβεβλημένου άκρου υπό την καθοδήγηση θεραπειών (Oden, 1918). Η συνήθης συνταγογράφηση για το ημιπληγικό ανώτερο άκρο δεν περιελάμβανε CIMT λόγω του κόστους των απαιτούμενων πόρων. Οι συμμετέχοντες γενικά λαμβάνουν έως 6 ώρες θεραπείας ένας προς έναν κάθε ημέρα. Η ηλεκτρική διέγερση είναι ένα από τα εργαλεία που πρέπει να χρησιμοποιούνται σύμφωνα με τις συμβατικές προσεγγίσεις του θεραπευτή που μπορούν εύκολα να εφαρμοστούν και μπορεί να βελτιώσει τη λειτουργία των ασθενών μυών των χεριών

και των ποδιών (Brown, 2006). Επίσης, στην περίπτωση ημιπληγίας, συνταγογραφείται κατοπτρική θεραπεία στην προσβεβλημένη πλευρά, ιδιαίτερα για βελτιώσεις των λειτουργιών των χεριών και των ποδιών. Στη θεραπεία με καθρέφτες, ένας ασθενής χρησιμοποιεί κινήσεις της ανεπηρέαστης πλευράς για να ξεγελάσει τον εγκέφαλό του ώστε να πιστέψει ότι το προσβεβλημένο χέρι κινείται ουσιαστικά, χρησιμοποιώντας οπτική ανάδραση (Ramachandran & Hirstein, 1998). Η Bobath, γνωστή και ως θεραπεία νευροανάπτυξης, είναι μια θεραπεία που βασίζεται στην κίνηση των συστατικών που δίνει έμφαση στην ενσωμάτωση των επιλεκτικών κινήσεων στην παραγωγή συντονισμένων ακολουθιών μιας κίνησης (Bobath, 1990). Η πρακτική εργασία αποτελεί μέρος ολοκληρωμένης της κίνησης για την αξιολόγηση μιας ατομικής κίνησης και τον προσδιορισμό συγκεκριμένων ελλειμμάτων νευρολογικών λειτουργιών. Τέλος, η κατάλληλη νευρομυϊκή διευκόλυνση (proprioceptive neuromuscular facilitation - PNF) είναι μια άσκηση που βασίζεται στις αρχές της λειτουργικής ανθρώπινης ανατομίας και των νευρομυϊκών λειτουργιών για την ενίσχυση του ενεργού και παθητικού εύρους κίνησης (Knott, 1957). Το PNF χρησιμοποιεί κατάλληλη, δερματική και ακουστική εισροή για να επιφέρει λειτουργική βελτίωση της μηχανοκίνητης παραγωγής, ειδικά για τραυματισμούς που σχετίζονται με τον αθλητισμό.

5.4.3. Ρομποτικές Προσεγγίσεις Αποκατάστασης

Η ανάπτυξη ενός ρομποτικού συστήματος αποκατάστασης είναι ένα πολυκλαδικό έργο που περιλαμβάνει ομάδα ρομποτικής μηχανικής και ειδικούς σε θέματα φυσικής ιατρικής και αποκατάστασης. Μια ομάδα ρομποτικής μηχανικής προτείνει πρώτα θεραπεία με τη βοήθεια ρομπότ ως εναλλακτική της κοπιώδους φυσικής θεραπείας. Έχουν αναπτυχθεί πολλές ρομποτικές συσκευές για τη θεραπεία του βραχίονα και του βάδισης ατόμων που υπέστησαν εγκεφαλικό επεισόδιο (Maciejasz et al., 2014), αλλά μόνο λίγες έχουν γίνει ευρέως γνωστές σε κλινικό πεδίο. π.χ., MIT-Manus (Hogan et al., 1992), Mirror Image Enable (MIME) (Lum et al., 2004), Bi-Manu-Track (Hesse et al., 2003), Armin (Riener et al., 2005), και Lokomat (Jezernik, 2003). Τα περισσότερα εμπορικά διαθέσιμα ρομποτικά συστήματα αναπτύχθηκαν για πρώτη φορά σε πανεπιστήμια και άλλα ακαδημαϊκά ιδρύματα. Η ασφάλεια του ρομποτικού συστήματος είναι το σημαντικότερο ζήτημα για τον χρήστη. Η πιστοποίηση της ηλεκτρικής και μηχανικής ασφάλειας εκδίδεται από επαγγελματικές οργανώσεις. Για την αποκατάσταση του άνω άκρου, το σύστημα MIT Manus παρείχε επαρκή χώρο

εργασίας για οριζόντια κίνηση (Hogan et al., 1992) και κατακόρυφη κίνηση στον μεγαλύτερο χώρο εργασίας στην ADL. Μία από τις τάσεις στην ανάπτυξη της ρομποτικής αποκατάστασης ήταν η ανάπτυξη ενός εξωσκελετικού συστήματος με πλήρες φάσμα κίνησης που χρησιμοποιεί πολλαπλούς ενεργοποιητές. Η ArmeoPower ήταν ο πρώτος εμπορικώς διαθέσιμος εξωσκελετός

Οι Kiguchi και Hayashi ανέπτυξαν εξωσκελετό που ελέγχεται από σήμα sEMG για τη διευκόλυνση της κίνησης των βραχιόνων (Kiguchi & Hayashi, 2012). Έχει επτά DOFs— τρεις για τον ώμο (κάμψη/επέκταση, απαγωγή/εισαγωγή και εσωτερική/εξωτερική περιστροφή), μία για την κάμψη/επέκταση αγκώνα, μία για την ανύψωση/προβολή του βραχίονα και δύο για τον καρπό (κάμψη/επέκταση και ακτινική/απόκλιση του ελαστικού)—που ελέγχονται σύμφωνα με τις κοινές ροπή του χρήστη που εκτιμώνται από 16 κανάλια σημάτων sEMG. Όλοι οι ενεργοποιημένοι σύνδεσμοι τροφοδοτούνται από κινητήρες συνεχούς ρεύματος που είναι τοποθετημένοι σε πλαίσιο αναπηρικής πολυθρόνας ή στο βραχίονα του εξωσκελετού. Πριν από τη χρήση του εξωσκελετικού στοιχείου, πρέπει να καταρτιστεί ένας τροποποιητής νευρoασαφής που θα υιοθετεί δομή νευρικού δικτύου, προκειμένου να κατασκευαστεί ένα κατάλληλο μοντέλο για την εκτίμηση των κοινών ροπής από τα σήματα sEMG.

5.4.4. Βοήθεια Κινητικότητας

Η Tek Robotic Mobility Device (Matia Robotics, Κωνσταντινούπολη, Τουρκία) είναι μια εμπορικά διαθέσιμη, τετράτροχη κινητή πλατφόρμα που υποστηρίζει τα άτομα με ειδικές ανάγκες να στέκονται όρθιοι και να κάθονται καθώς και να κινούνται σε όρθια στάση (TEK, 2015). Η όρθιος κίνηση εκτελείται από τον χρήστη, με τη βοήθεια της δύναμης μιας πηγής πεπιεσμένου αερίου, ώστε να μπορέσει να ολοκληρώσει τη μετάβαση με ελάχιστη προσπάθεια. Ο χρήστης μπορεί να οδηγήσει αυτή τη συσκευή χρησιμοποιώντας ένα joystick σε όρθια θέση. Η Nakajima ανέπτυξε ρομποτική αναπηρική πολυθρόνα που είναι ικανή να διαπραγματεύεται τραχύ έδαφος χρησιμοποιώντας τους μηχανισμούς των τροχών της ως πόδια, ενώ διέσχισε ομαλό έδαφος με τους τροχούς της (Nakajima, 2014). Η αναπηρική πολυθρόνα είναι εξοπλισμένη με δύο άξονες των οποίων η οδήγηση και οι κινήσεις κύλισης μπορούν να ελέγχονται ανεξάρτητα από την κίνηση με μικτά πόδια. Στο τέλος κάθε άξονα, υπάρχει ένας τροχός κινούμενος από κινητήρα συνεχούς ρεύματος. Για να περατώσει ένα βήμα ή να αντιμετωπίσει τραχύ έδαφος, ο άξονας ελέγχεται για να σηκώσει έναν

τροχό από το έδαφος και στη συνέχεια να κινηθεί προς τα εμπρός, ενώ χρησιμοποιεί τον τροχό βάσης ως σημείο περιστροφής. Σήμερα διατίθενται στο εμπόριο αρκετά ρομπότ συνοδείας. Επειδή επιτρέπουν το περπάτημα με βάση ένα προγραμματισμένο σχήμα βάδισης ή βοηθούν τις εθελοντικές κινήσεις των αρθρώσεων των ποδιών, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για αποκατάσταση. Το ReWalk (ReWalk Robotics, Ltd., Yokneam Ilit, Ισραήλ) επιτρέπει στους χρήστες αναπηρικών αμαξιδίων με αναπηρίες κάτω των άκρων να κάθονται, να στέκονται, να περπατάνε και να κατεβαίνουν σκάλες (ReWalk, 2015). Οι κινήσεις των αρθρώσεων του ισχίου και του γόνατος στο επίπεδο καθόδου υποβοηθούνται από κινητήρες συνεχούς ρεύματος, ενώ η άρθρωση αστραγάλου δεν τροφοδοτείται. Η άρθρωση αστραγάλου είναι μια απλή ορθογραφική άρθρωση διπλής δράσης με περιορισμένο εύρος κίνησης και περιστροφική στήριξη με ελατήρια (Esquenazi et al., 2012). Ένας αισθητήρας κλίσης που βρίσκεται στον κορμό ανιχνεύει την κίνηση του άνω μέρους του σώματος να αναγνωρίσει την πρόθεση του χρήστη και να ξεκινήσει την προγραμματισμένη κίνηση βάδισης (Carpino et al., 2013). Λόγω της ανάγκης για πατερίτσες για διατήρηση της ισορροπίας και της σταθερότητας, το ReWalk είναι κατάλληλο για χρήστες που δεν έχουν προβλήματα λειτουργιών του άνω άκρου.

5.4.5. Βοηθητικά Ρομπότ

Ένα υποβοηθητικό ρομπότ είναι, σύμφωνα με τη συμβατική ορολογία, ένα ρομπότ που βοηθά σωματικά τα άτομα με ειδικές ανάγκες να εκτελούν δραστηριότητες καθημερινής διαβίωσης, ενώ ο ευρύτερος ορισμός ενός υποβοηθητικού ρομπότ περιλαμβάνει την κοινωνική αρωγή καθώς και τη φυσική βοήθεια (Feil-Seifer & Mataric, 2005). Παρακάτω γίνεται εστίαση στα σωματικά βοηθητικά ρομπότ, τα οποία μπορούν να ταξινομηθούν ανά είδος βοήθειας, μορφή και μέθοδο αναγνώρισης πρόθεσης. Το είδος βοήθειας που παρέχουν τα βοηθητικά ρομπότ μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ως βοήθεια χειραγώγησης ή κινητικότητας. Τα ρομπότ βοήθειας χειραγώγησης υποστηρίζουν τις λειτουργίες του βραχίονα και χειρίζονται διάφορες εργασίες όπως η αυτοτροφοδοσία. Τα ρομπότ βοηθητικού χειρισμού μπορούν να ταξινομηθούν με τη μορφή τελικών επενεργητικών, στηρίγματα βραχίονα και αποσκελετικά και έχουν τη μορφή αναπηρικής πλατφόρμας ή φορητού εξωσκελετού. Η μέθοδος αναγνώρισης πρόθεσης είναι μια απαραίτητη τεχνολογία για τον έλεγχο του βοηθητικού ρομπότ. Η πρόθεση κίνησης του χρήστη μπορεί να εξαχθεί από σήματα που έχουν αποκτηθεί είτε με μη επεμβατικές είτε με επεμβατικές μεθόδους

ανίχνευσης. Οι επεμβατικές μέθοδοι, ωστόσο, απαιτούν την εμφύτευση αισθητήρων στο σώμα του χρήστη και ως εκ τούτου, προτιμούνται οι μη επεμβατικές μέθοδοι για την εύκολη εφαρμογή σε μεγάλη ποικιλία χρηστών (Lobo-Prat et al., 2014), ενώ χρησιμοποιούνται μη επεμβατικές μέθοδοι ή μέθοδοι ελέγχου για την αναγνώριση μη επεμβατικής πρόθεσης. Ο χειροκίνητος έλεγχος εκτελείται με τη χρήση χειριστηρίου, κουμπιών ή παρόμοιων συσκευών που μπορούν να χειριστούν οι χρήστες, ενώ η έξυπνη μέθοδος ελέγχου αποτυπώνει την πρόθεση από τη φυσική κίνηση ή τα βιοσήματα του χρήστη. Έχουν σημειωθεί πολυάριθμα επιτεύγματα στον τομέα των βοηθητικών ρομπότ, όπως τα υποστηρίγματα ρομποτικών βραχιόνων και τα εξωσκελετικά συστήματα, οι συσκευές βοήθειας για γεύματα, οι ρομποτικές αναπηρικές καρέκλες και οι κινητές εξέδρες, καθώς και τα φορητά ρομπότ βοήθειας για πεζοπορία.

5.4.6. Βοήθεια Χειρισμού

Τα Bestic (Bestic AB, Στοκχόλμη, Σουηδία) (Dahl & Boulos, 2014) και My Spoon (SECOM Co., Ltd., Τόκιο, Ιαπωνία) είναι εμπορικά διαθέσιμα ρομπότ βοήθειας για γεύματα που βοηθούν τα άτομα με ειδικές ανάγκες να τρέφονται. Έχουν τη μορφή endeffector (η κατάληξη του άκρου του ρομπότ που αλληλεπιδρά με το περιβάλλον) που είναι στερεωμένος σε ένα τραπέζι και οι βασικές λειτουργίες τους είναι η επιλογή ή η στοίβαξη τροφής και η μεταφορά του τροφίμου στο στόμα του χρήστη. Το κουτάλι έχει τρεις μεθόδους λειτουργίας: χειροκίνητα, ημιαυτόματα και αυτόματα. Οι τρεις τρόποι διαφέρουν ως προς την ποσότητα της παρέμβασης του χρήστη κατά τη διάρκεια της κίνησης διατροφής. Στη χειροκίνητη λειτουργία, ο χρήστης ελέγχει κάθε κίνηση της συσκευής με ένα χειριστήριο, ενώ ένα κουμπί εκκινεί την αυτόματη ολοκλήρωση μιας προδιαμορφωμένης κίνησης σίτισης στην αυτόματη λειτουργία. Το Bestic μπορεί να ελεγχθεί με κουμπιά ή ένα joystick για να ρυθμίσει την τοποθεσία για την επιλογή τροφής και για την εκκίνηση μιας προδιαμορφωμένης κίνησης. Η Neater Arm Support (Neater Solutions Ltd., Buxton, HB) είναι μια διαθέσιμη στο εμπόριο μηχανοκίνητη συσκευή υποστήριξης βραχίονα που επιτρέπει σε άτομα με μυϊκή αδυναμία να χρησιμοποιούν τα χέρια τους (Neater, 2015). Επιτρέπει την ελεύθερη κίνηση εντός ενός οριζόντιου επιπέδου μέσω ενός μηχανισμού σειριακής σύνδεσης που διαθέτει τρεις ελεύθερες περιστροφικές αρθρώσεις. Μια πρόσθετη κεκλιμένη περιστροφική άρθρωση που συνδέει το άγκιστρο του βραχίονα και το μηχανισμό ζεύξης επιτρέπει την αυτόματη πτώση του

αγκώνα με το σήκωμα του χεριού στο επίπεδο του στόματος. Μόνο η κατακόρυφη κίνηση είναι μηχανοκίνητη και ο χρήστης ελέγχει χειροκίνητα αυτήν την κίνηση χρησιμοποιώντας κουμπιά για να σηκώσει ή να χαμηλώσει το βραχίονα. Ένας βοηθητικός εξωσκελετός που μπορεί να φορεθεί στο σώμα του χρήστη είναι πολλά υποσχόμενος διότι μοιάζει με φυσική κίνηση ενός ατόμου ενώ συνδυάζεται αρμονικά με το ανθρώπινο σώμα. Οι Hasegawa et al. ανέπτυξαν εξωσκελετό με τέσσερις DOF για την υποστήριξη της κίνησης ώμου (κάμψη/επέκταση, απαγωγή/εισαγωγή και μεσαία/πλευρική περιστροφή) και του γωνιώδους (κάμψη/επέκταση) (Hasegawa et al., 2013). Ένας κινητήρας συνεχούς ρεύματος (direct-current - DC) ενεργοποιεί κάθε DOF μέσω ενός μηχανήματος που κινείται με σύρμα. Ο εξωσκελετός μπορεί να ελεγχθεί χειροκίνητα από ένα χειριστήριο και μπορεί επίσης να ελεγχθεί με ένα σήμα επιφανειακής ηλεκτρομυογραφίας (surface electromyography - sEMG) από τους μύες του βραχίονα σε συνδυασμό με υποστηρικτικό χειροκίνητο χειριστήριο. Οι Kiguchi & Hayashi ανέπτυξαν εξωσκελετό που ελέγχεται από σήμα sEMG για τη διευκόλυνση της κίνησης των βραχιόνων (Kiguchi & Hayashi, 2012). Έχει επτά DOFs—τρεις για τον ώμο (κάμψη/επέκταση, απαγωγή/εισαγωγή και εσωτερική/εξωτερική περιστροφή), μία για την κάμψη/επέκταση αγκώνα, μία για την ανύψωση/προβολή του βραχίονα και δύο για τον καρπό (κάμψη/επέκταση και ακτινική/απόκλιση του ελαστικού)—που ελέγχονται σύμφωνα με τις κοινές ροπή του χρήστη που εκτιμώνται από 16 κανάλια σημάτων sEMG. Όλοι οι ενεργοποιημένοι σύνδεσμοι τροφοδοτούνται από κινητήρες συνεχούς ρεύματος που είναι τοποθετημένοι σε πλαίσιο αναπηρικής πολυθρόνας ή στο βραχίονα του εξωσκελετού. Πριν από τη χρήση του εξωσκελετικού στοιχείου, πρέπει να καταρτιστεί ένας τροποποιητής νευροασαφής που θα υιοθετεί δομή νευρικού δικτύου, προκειμένου να κατασκευαστεί ένα κατάλληλο μοντέλο για την εκτίμηση των κοινών ροπής από τα σήματα sEMG. Λόγω της μεγάλης συμβολής της χειροτεχνίας στην εκτέλεση των καθημερινών δραστηριοτήτων διαβίωσης (Katz et al., 1963), έχουν πραγματοποιηθεί πολλές εργασίες για την ανάπτυξη βοηθητικών ρομπότ για το χέρι. Μεταξύ των βοηθητικών ρομπότ για το χέρι, υπάρχει ένα διαθέσιμο στο εμπόριο βοηθητικό γάντι με το όνομα Soft Extra My(SEM) Glove (Bioservo Technologies AB, Kista, Σουηδία) (Nilsson et al., 2012). Το γάντι SEM έχει τρία ενεργοποιημένα δάχτυλα—μεσαίο και παράμεσο και αντίχειρα. Ο δείκτης παραμένει μη υποβοηθούμενος για την παροχή υψηλής κινητικής ικανότητας, καθώς και αδιατάρακτη αίσθηση απενεργοποίησης για το δείκτη. Ως αισθητήρας δύναμης για τη μέτρηση της δύναμης

πρόσφυσης του χρήστη, ένας αισθητήρας δύναμης τοποθετείται στο δακτύλιο κάθε ενεργοποιημένου δακτύλου. Οι δυνάμεις ευελιξίας για τα ενεργοποιημένα δάκτυλα δημιουργούνται από κινητήρες συνεχούς ρεύματος, ενώ χρησιμοποιείται μηχανισμός με συρματόπλεγμα για τη μετάδοση δύναμης στα δάκτυλα. Ένας εξωσκελετός χειρός που αναπτύχθηκε από τους Heo & Kim έχει ένα άνοιγμα παλάμης στο δακτύλιο που επιτρέπει την άμεση επαφή μεταξύ του δακτυλικού αποτυπώματος του χρήστη και των αντικειμένων για τη χρήση της αίσθησης της απτικής του χρήστη (Heo & Kim, 2014). Η δύναμη πρόσφυσης του χρήστη υπολογίζεται με το φορτίο που τοποθετείται σε πλευρικά πλευρικά τοιχώματα στο άκρο του δομοστοιχείου. Η δύναμη υποβοήθησης δημιουργείται από έναν πνευματικό κύλινδρο και στη συνέχεια μεταδίδεται στο δάκτυλο μέσω μηχανισμού σύνδεσης.

5.5. Εφαρμογές Ανθρωποειδούς Ρομποτικής στην Υγειονομική Περίθαλψη

5.5.1. Τηλε-Υγειονομική Περίθαλψη

Ένα τηλεκατευθυνόμενο ρομπότ είναι ένα ρομπότ που ελέγχεται από άνθρωπο από απόσταση και εκτελεί εργασίες συνήθως σε ανεξέλεγκτα περιβάλλοντα (van Osch et al., 2014). Η τηλε-λειτουργία επιτρέπει σε έναν τελεστή να ενεργεί εξ αποστάσεως σαν να ήταν ο τελεστής επί τόπου, αντιγράφοντας για παράδειγμα τους χειρισμούς του τελεστή σε απόσταση. Παράδειγμα αποτελεί το ρομπότ Da Vinci που χρησιμοποιείται για ιατρική χειρουργική (van Osch et al., 2014). Η χρήση ρομπότ που λειτουργούν με τηλεοράσεις στην υγειονομική περίθαλψη αποτελεί μια συναρπαστική ευκαιρία για να βοηθηθούν οι γιατροί, οι νοσηλευτές και οι ασθενείς να μειώσουν τον υψηλό κίνδυνο μετάδοσης λοιμωδών ασθενειών (Riek, 2017). Έχει διερευνηθεί επίσης η χρήση των ρομπότ που τίθενται υπό τηλεργασία, προκειμένου να επιτραπεί στους εργαζόμενους στον τομέα της υγείας να εκτελούν ορισμένα από τα καθήκοντά τους σε ασφαλή απόσταση από τους μολυσμένους ασθενείς. Το αποτέλεσμα υποδηλώνει ότι οι ασθενείς θα εμπιστεύονται το ρομπότ λιγότερο όταν η εγχείρηση δεν είναι ορατή από ότι όταν η εγχείρηση είναι ορατή. Πρέπει να διενεργηθεί περισσότερη έρευνα για να γνωρίζουμε την έκταση των επιπτώσεων, ωστόσο, ο σχεδιασμός του Τηλε-λειτουργούντος Υπηρεσιακού Ρομπότ (van Osch et al., 2014) μπορεί να προσαρμοστεί για την ανάπτυξη ενός ρομπότ υγειονομικής περίθαλψης για το γενικό καθήκον της υποστηρικτικής φροντίδας των ασθενών.

5.5.2. Ανθρωποειδές Ρομπότ για Ανακούφιση από τον Πόνο

Τα ανθρωποειδή ρομπότ χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή τεχνολογικού περισπασμού για τα παιδιά, προκειμένου να μειωθεί ο πόνος τους ως αποτέλεσμα του άγχους και του φόβου κατά τη διάρκεια μιας ιατρικής διαδικασίας. Οι μελέτες που διεξήχθησαν από τους Yasemin et al. καταδεικνύουν το γεγονός ότι τα παιδιά είναι πιο πιθανό να χαμογελούν όταν αντιμετωπίζουν ιατρικές διαδικασίες με ρομπότ. Ο στόχος είναι να απομακρύνει την προσοχή των παιδιών από τον πόνο της βελόνας προς μια διασκεδαστική δραστηριότητα (McCaul & Malott, 1985), δηλώνοντας τις αρχές της θεωρίας της ικανότητας προσοχής, ότι δηλαδή το ερέθισμα της απόσπασης πρέπει να είναι ισχυρότερο από το ερέθισμα του πόνου για να κερδίσει την προσοχή του παιδιού. Αν και η μουσική και τα κινούμενα σχέδια έχουν δείξει αποτελεσματικότητα στη μείωση του πόνου και του άγχους μεταξύ των παιδιών που υποβάλλονται σε διάφορες ιατρικές διαδικασίες (DeMore & Cohen, 2005). Φαίνεται ότι αυτοί οι περισπασμοί δεν είναι πάντα αρκετά δυνατοί για να απομακρύνουν την προσοχή των παιδιών από τον πόνο. Θεωρείται ότι οι πολυαισθητικές στρατηγικές, οι οποίες συνδυάζουν οπτικές, ακουστικές και αφηρημένες αισθήσεις, μπορεί να έχουν μεγαλύτερο αντίκτυπο στον πόνο από τις μονοαισθητικές στρατηγικές (DeMore & Cohen, 2005). Δεδομένων των μικτών αποτελεσμάτων που προαναφέρθηκαν, είναι εύλογο ότι για τις ιατρικές διαδικασίες ενδέχεται να είναι απαραίτητες ισχυρότερες και πιο ελκυστικές μορφές περισπασμού, οι οποίες καλούν το παιδί να συμμετάσχει σε μια δραστηριότητα. Εκτός από άλλες παρεμβάσεις, προτείνεται να εξεταστεί το ενδεχόμενο τεχνικο-ψυχολογικής διάσπασης για τα παιδιά για την αντιμετώπιση του παιδιατρικού πόνου. Όταν έχει προγραμματιστεί με ανθρωπιστικά χαρακτηριστικά και εκτελεί ψυχολογικές στρατηγικές, ένα ανθρωποειδές ρομπότ υπόσχεται να μειώσει τον διαδικαστικό πόνο και την αγωνία στα παιδιά (Beran et al., 2013).

5.5.3. Ανθρωποειδές Ρομπότ για τον Γηράσκοντα Πληθυσμό

Σε μια κοινωνία όπου υπάρχει αύξηση του πληθυσμού με αναπηρίες και γήρανση, υπάρχει μεγάλη ζήτηση για ρομποτική για να αντιμετωπίσει προβλήματα που προκύπτουν από την ανικανότητά τους να σχετίζονται αποτελεσματικά με το περιβάλλον τους. Τα ρομπότ για την εκτέλεση εργασιών μεταφοράς ασθενών είναι απαραίτητα σε εγκαταστάσεις νοσηλευτικής περίθαλψης και νοσοκομεία, ενώ οι Mukai et al. (2010) ανέπτυξαν ένα νέο πρωτότυπο ρομπότ με το όνομα RIBA με ανθρώπινα «όπλα», το οποίο σχεδιάστηκε για να εκτελεί βαριές σωματικές εργασίες

που απαιτούν ανθρώπινη επαφή. Μάλιστα, το ρομπότ ήταν σε θέση να μεταφέρει έναν άνθρωπο από κρεβάτι σε αναπηρική καρέκλα και πίσω. Ο φροντιστής μπορεί διαισθητικά να δώσει οδηγίες στο RIBA μέσω απτικών αισθητήρων χρησιμοποιώντας μια νέα προτεινόμενη μέθοδο που ονομάζεται πρακτική καθοδήγηση. Η RIBA αναπτύχθηκε για να αντιμετωπίσει τις δυσκολίες που αντιμετώπιζε προηγουμένως η RI-MAN (Onishi et al., 2007).

6. Συμπεράσματα

Η ανάπτυξη της ιατρικής ρομποτικής είναι τυπική μεταφραστική έρευνα που βασίζεται στη συνεργασία και την επικοινωνία. Από ερευνητική άποψη, οι βασικοί τύποι ιατρικών ρομποτικών που συζητούνται μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως φυσικές αλληλεπιδράσεις ανθρώπου-ρομπότ. Οι Ishiguro et al. συνοψίζουν τις προκλήσεις στην έρευνα αλληλεπίδρασης ανθρώπου-ρομπότ, η οποία εφαρμόζεται επίσης στη βιοϊατρική ρομποτική (Ikemoto, 2012). Αυτές οι προκλήσεις είναι η εγγύηση της ασφάλειας ανά πάσα στιγμή, συμπεριλαμβανομένων κατά την προ - και μετά - διαδικασία, του σχεδιασμού ρομποτικών αντιδράσεων που είναι κατάλληλες για τις προθέσεις του εταίρου της ανθρώπινης αλληλεπίδρασης και της βελτίωσης των διασυνδέσεων ανθρώπου-μηχανής, συμπεριλαμβανομένων εκείνων σε γνωστικά και μαθησιακά στάδια. Μια σημαντική βελτίωση των σημερινών ιατρικών ρομπότ είναι η ανάπτυξη συστημάτων που παρέχουν ένα ρεαλιστικό επίπεδο ανατροφοδότησης δυνάμεων (απτική ανατροφοδότηση) όσον αφορά τους DOF, το μέγεθος και την ασφάλεια. Τα ρομπότ που διατίθενται σήμερα στο εμπόριο παρέχουν ένα συγκεκριμένο επίπεδο δύναμης ανάδρασης, αλλά η απόδοσή τους απέχει πολύ από την αναμενόμενη από την ιατρική κοινότητα. Μια πρόκληση που αντιμετωπίζουν τα χειρουργικά ρομπότ είναι ο χειρισμός των λεπτών ιστών και η ραφή μικρών ανοιγμάτων, επειδή η έλλειψη δύναμης ανάδρασης καθιστά αυτές τις επεμβάσεις πιο δύσκολες από τις επεμβάσεις τους. Από κλινική άποψη, παραμένουν σημεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη πριν από τη χρήση ρομπότ σε εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης. Οι Yang et al. συνόψισαν αυτά τα εμπόδια, τα οποία περιλαμβάνουν τον κίνδυνο δυσλειτουργίας/αποτυχίας, διαδικασίες εγκατάστασης που δεν έχουν ακόμη θεσπιστεί, όπως διαδικασίες ελέγχου της ασφάλειας των ασθενών και ασφαλιστήριο συμβόλαιο (Marcus et al., 2013). Τέλος, η περαιτέρω ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και αποτελεσματικών ρομποτικών μέσων θα αυξήσει την αποδοχή της ρομποτικής βοήθειας στην υγειονομική περίθαλψη σε ακόμα υψηλότερο επίπεδο. Καθίσταται πλέον σαφές πως οι επαγγελματίες του τομέα υγειονομικής περίθαλψης στο μέλλον θα χρησιμοποιούν βοηθητική ρομποτική χωρίς άγχος ή τεχνικούς φραγμούς, ωστόσο, ο βαθμός αυτοματοποίησης μεταξύ των ιατρών και των ρομποτικών συστημάτων που ελέγχουν μια διαδικασία υγειονομικής περίθαλψης θα πρέπει να αντιμετωπιστεί προσεκτικά. Στη θεραπεία με τη βοήθεια ρομπότ, ο πραγματικός ρόλος του ρομποτικού συστήματος μένει να διευκρινιστεί.

Κλινικές μελέτες δείχνουν ότι η πρώιμη ρομποτική εκπαίδευση του άνω άκρου μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την ADL σε σχέση με την εκπαίδευση χρόνιας φάσης. Η επιτυχής αποκατάσταση της κινητικότητας των επιζώντων από εγκεφαλικά επεισόδια απαιτεί έγκαιρη εντατική και ειδική κατάρτιση, ενώ η αποτελεσματικότητα του πρωτοκόλλου αποκατάστασης για τη χρόνια φάση παραμένει αμφιλεγόμενη. Το πιο αποδεκτό αποτέλεσμα στην ρομποτική αποκατάσταση είναι ότι η προσοχή και η προσπάθεια των ασθενών είναι κρίσιμες για την αποτελεσματικότητα του πρωτοκόλλου, ενώ θα χρησιμοποιηθούν τεχνικές νευροαπεικόνισης για την αποκατάσταση του μηχανολογικού τομέα, ώστε να προταθεί μια κατευθυντήρια γραμμή για το αποτελεσματικό πρωτόκολλο αποκατάστασης και τη μέθοδο σχεδιασμού αυτών των συσκευών αποκατάστασης. Σήμερα, ένα πρότυπο ενεργοποίησης του εγκεφάλου για μια συγκεκριμένη θεραπεία μπορεί να παρατηρηθεί χρησιμοποιώντας τεχνικές απεικόνισης του εγκεφάλου. Μεταξύ αυτών των τεχνικών, η λειτουργική απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού είναι ένα ισχυρό εργαλείο για την παρακολούθηση των εγκεφαλικών ενεργοποιήσεων και την αξιολόγηση του πρωτοκόλλου θεραπείας. Η παρακολούθηση της προόδου σε πραγματικό χρόνο απαιτεί συσκευές ενεργοποίησης και ανίχνευσης που είναι συμβατές με απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού. Ένα ρομποτικό σύστημα αποκατάστασης συμβατό με απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού αναμένεται να αναλύσει την αποτελεσματικότητα των ρομποτικών θεραπειών. Τα βοηθητικά ρομπότ πρέπει να εκτελούν τις κατάλληλες ενέργειες σύμφωνα με την πρόθεση του χρήστη, και η μέθοδος αναγνώρισης πρόθεσης αποτελεί συνεπώς πρωταρχικό μέλημα για την ανάπτυξη ενός βοηθητικού ρομπότ. Οι συμβατικές μέθοδοι χειρωνακτικού ελέγχου, όπως η χρήση χειριστηρίου και κουμπιών, είναι απλές στην εφαρμογή τους και δεν απαιτούν πολύπλοκους αλγόριθμους για την εξαγωγή της πρόθεσης κίνησης του χρήστη. Ωστόσο, όταν απαιτείται στενός φυσικός συντονισμός με το ανθρώπινο σώμα, ιδίως στην περίπτωση φορητών εξωτερικών σκελετών, οι μέθοδοι χειρωνακτικού ελέγχου στερούνται διαισθησίας, διότι η κίνηση του χρήστη για το χειρισμό της συσκευής ελέγχου δεν αντιστοιχεί άμεσα στην επακόλουθη ενέργεια του βοηθητικού ρομπότ. Οι μέθοδοι αναγνώρισης πρόθεσης που βασίζονται στην ανίχνευση της ανθρώπινης κίνησης ή στη μέτρηση της δύναμης αλληλεπίδρασης στη διεπαφή ανθρώπου-ρομπότ είναι ευρέως αποδεκτές μέθοδοι για τον έλεγχο των συσκευών τύπου εξωσκελετού. Οι μέθοδοι αυτές είναι διαισθητικές και μπορούν έτσι να αποτυπώσουν την πρόθεση κίνησης του χρήστη χωρίς να

χρειάζεται εντατική μάθηση σχετικά με τον τρόπο χειρισμού των συσκευών ελέγχου. Ωστόσο, οι εξωτερικές διαταραχές που δρουν στο σώμα του χρήστη ή στο ρομπότ μπορεί να οδηγήσουν σε ανεπιθύμητες συμπεριφορές του ρομπότ, επειδή οι διαταραχές δεν μπορούν εύκολα να διακριθούν από την πρόθεση κίνησης. Αν και οι πιο υγιείς χρήστες μπορούν να αντιμετωπίσουν τις διαταραχές μέσω της δικής τους αισθητηριακής ανατροφοδότησης, τέτοιες διαταραχές είναι πιο δύσκολο να ξεπεραστούν από άτομα με ειδικές ανάγκες. Για την εκτίμηση της μυϊκής δύναμης χωρίς μέτρηση της δύναμης επαφής ή της κίνησης μπορεί να εφαρμοστεί προσέγγιση βασισμένη στο βιολογικό σήμα, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης του sEMG. Ωστόσο, το σήμα sEMG είναι πολύ αδύναμο και εξαιρετικά ευαίσθητο στις δερματικές συνθήκες και στις θέσεις ηλεκτροδίων (Ronsse et al., 2010), και είναι επίσης ευπαθές στην κίνηση τεχνημάτων (Roy et al., 2007). Επιπλέον, η εκτίμηση των δυνάμεων για πολλαπλούς DOF ταυτόχρονα από ένα σήμα sEMG απαιτεί μεγάλο αριθμό ηλεκτροδίων και έναν πολύπλοκο αλγόριθμο (Nielsen, 2010), καθιστώντας δύσκολη τη χρήση sEMG για πρακτικές εφαρμογές.

Βιβλιογραφία

- Anitha, V. T., Marimuthu, J., & Jeeva, S. (2012). Anti-bacterial studies on *Hemigraphis colorata* (Blume) HG Hallier and *Elephantopus scaber* L. *Asian Pacific journal of tropical medicine*, 5(1), 52-57.
- Antoniou, S. A., Antoniou, G. A., Granderath, F. A., Mavroforou, A., Giannoukas, A. D., & Antoniou, A. I. (2010). Reflections of the Hippocratic Oath in modern medicine. *World journal of surgery*, 34(12), 3075-3079.
- Artemiadis, P. 2013. *Neuro-Robotics: From Brain Machine Interfaces to Rehabilitation Robotics*. Springer.
- Balasubramanian, S., Klein, J., and Burdet, E. Robot-assisted rehabilitation of hand function. *Curr Opin Neurol*, 2010.
- Basdogan, C., De, S., Kim, J., Muniyandi, M., Kim, H., & Srinivasan, M. A. (2004). Haptics in minimally invasive surgical simulation and training. *IEEE computer graphics and applications*, 24(2), 56-64.
- Bastawrous, M. Caregiver burden-a critical discussion. *Int'l J of Nursing Studies* 50, 3 (2013), 431-441.
- Bedell, C., Lock, J., Gosline, A., & Dupont, P. E. (2011, May). Design optimization of concentric tube robots based on task and anatomical constraints. In *2011 IEEE international conference on robotics and automation* (pp. 398-403). IEEE.
- Begum, M., Serna, R.W., and Yanco, H.A. Are robots ready to deliver autism interventions? A comprehensive review. *International J. Social Robotics* 8, 2 (2016).
- Behnke, S. (2008). Humanoid robots-from fiction to reality?. *KI*, 22(4), 5-9.
- Beran, T. N., Ramirez-Serrano, A., Vanderkooi, O. G., & Kuhn, S. (2013). Reducing children's pain and distress towards flu vaccinations: A novel and effective application of humanoid robotics. *Vaccine*, 31(25), 2772-2777.
- Bers, M. U., Ackermann, E., Cassell, J., Donegan, B., Gonzalez-Heydrich, J., DeMaso, D. R., ... & Karlin, J. (1998, January). Interactive storytelling environments: coping with cardiac illness at Boston's Children's Hospital. In

Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (pp. 603-610).

Bobath, B. (1990). *Adult hemiplegia: evaluation and treatment*. Elsevier Health Sciences.

Bovolenta, F., Sale, P., Dall'Armi, V., Clerici, P., & Franceschini, M. (2011). Robot-aided therapy for upper limbs in patients with stroke-related lesions. Brief report of a clinical experience. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 8(1), 18.

Bowthorpe, M., Tavakoli, M., Becher, H., & Howe, R. (2013). Smith predictor-based robot control for ultrasound-guided teleoperated beating-heart surgery. *IEEE Journal of biomedical and Health Informatics*, 18(1), 157-166.

Brose, S.W., Weber, D.J., Salatin, B.A., Grindle, G.G., Wang, H., et al. The role of assistive robotics in the lives of persons with disability. *Am J Phys Med*, 2010.

Brown, J. A. (2006). Recovery of motor function after stroke. *Progress in brain research*, 157, 223-228.

Burgner, J., Rucker, D. C., Gilbert, H. B., Swaney, P. J., Russell, P. T., Weaver, K. D., & Webster, R. J. (2013). A telerobotic system for transnasal surgery. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 19(3), 996-1006.

Cai, J., & Zhen, Y. (2003). Medicine in ancient China. In *Medicine Across Cultures* (pp. 49-73). Springer, Dordrecht.

Carlson, T. and Demiris, Y. Collaborative control for a robotic wheelchair: evaluation of performance, attention, and workload. *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)* 42, 3 (2012), 876–888.

Carpino, G. I. O. R. G. I. O., Accoto, D. I. N. O., Tagliamonte, N. L., Ghilardi, G. I. A. M. P. A. O. L. O., & Guglielmelli, E. U. G. E. N. I. O. (2013). Lower limb wearable robots for physiological gait restoration: state of the art and motivations. *Medic*, 21(2), 72-80.

Chen, T.L. et al. Robots for humanity: using assistive robotics to empower people with disabilities. *IEEE Robotics & Automation* 20, 1 (2013), 30–39.

- Choi, H., Kwak, H. S., Lim, Y. A., & Kim, H. J. (2014). Surgical robot for single-incision laparoscopic surgery. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, *61*(9), 2458-2466.
- Christensen, H.I., Okamura, A., Mataric, M., Kumar, V., Hager, G., and Choset, H. Next generation robotics (2016); arXiv preprint arXiv:1606.09205.
- Chua, P. Y., Caldwell, D. G., Bezdicek, M., Gray, J. O., & Davis, S. (2006, October). Tele-operated high speed anthropomorphic dextrous hands with object shape and texture identification. In *2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems* (pp. 4018-4023). IEEE.
- Coles, T. R., Meglan, D., & John, N. W. (2010). The role of haptics in medical training simulators: a survey of the state of the art. *IEEE Transactions on haptics*, *4*(1), 51-66.
- Conrad, B. L., Jung, J., Penning, R. S., & Zinn, M. R. (2013, May). Interleaved continuum-rigid manipulation: An augmented approach for robotic minimally-invasive flexible catheter-based procedures. In *2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation* (pp. 718-724). IEEE.
- Dahl, T. S., & Boulos, M. N. K. (2014). Robots in health and social care: A complementary technology to home care and telehealthcare?. *Robotics*, *3*(1), 1-21.
- Dawe, M. Desperately seeking simplicity: how young adults with cognitive disabilities and their families adopt assistive technologies. In *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2006.
- De Donno, A., Zorn, L., Zanne, P., Nageotte, F., & de Mathelin, M. (2013, May). Introducing STRAS: A new flexible robotic system for minimally invasive surgery. In *2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation* (pp. 1213-1220). IEEE.
- DeMore, M., & Cohen, L. L. (2005). Distraction for pediatric immunization pain: A critical review. *Journal of Clinical Psychology in Medical Settings*, *12*(4), 281-291.
- Dhillon, J. S., Amita, S. K. S., Bedi, H. S., Ratol, S. S., & Gill, B. (2014). Healing of a large periapical lesion using triple antibiotic paste and intracanal aspiration

- in nonsurgical endodontic retreatment. *Indian Journal of Dentistry*, 5(3), 161.
- Dudrick, S. (2010). Overview of general surgery training in the USA: history and present. *Polish Journal of Surgery*, 82(7), 377-402.
- Esquenazi, A., Talaty, M., Packel, A., & Saulino, M. (2012). The ReWalk powered exoskeleton to restore ambulatory function to individuals with thoracic-level motor-complete spinal cord injury. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 91(11), 911-921.
- Fanello, S. R., Ciliberto, C., Noceti, N., Metta, G., & Odone, F. (2017). Visual recognition for humanoid robots. *Robotics and Autonomous Systems*, 91, 151-168.
- Feil-Seifer, D., & Mataric, M. J. (2005, June). Defining socially assistive robotics. In *9th International Conference on Rehabilitation Robotics, 2005. ICORR 2005*. (pp. 465-468). IEEE.
- Feil-Seifer, D., & Mataric, M. J. (2005, June). Defining socially assistive robotics. In *9th International Conference on Rehabilitation Robotics, 2005. ICORR 2005*. (pp. 465-468). IEEE.
- Fichtinger, G., Kazanzides, P., Okamura, A. M., Hager, G. D., Whitcomb, L. L., & Taylor, R. H. (2008). Surgical and interventional robotics: Part II. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 15(3), 94-102.
- Fiocchi, A., Schünemann, H. J., Brozek, J., Restani, P., Beyer, K., Troncone, R., ... & Ebisawa, M. (2010). Diagnosis and rationale for action against cow's milk allergy (DRACMA): a summary report. *Journal of Allergy and clinical immunology*, 126(6), 1119-1128.
- Foote, R. H. (2010). The history of artificial insemination: Selected notes and notables. *J. Anim. Sci*, 80, 1-10.
- Forlizzi, J. and Zimmerman, J. Promoting service design as a core practice in interaction design. In *Proceedings of the 5th IASDR World Conference on Design Research*, 2013.

- Fung, F. Y., & Linn, Y. C. (2015). Developing traditional Chinese medicine in the era of evidence-based medicine: current evidences and challenges. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015.
- Geller, M. J. (2010). Look to the Stars: Babylonian medicine, Magic, Astrology and melothesia.
- Geller, M. J., & Cohen, S. L. (1995). Kidney and urinary tract disease in ancient Babylonia, with translations of the cuneiform sources. *Kidney International*, 47(6), 1811-1815.
- Gilbert, H.B., Rucker, D.C., and Webster III, R.J. Concentric tube robots: The state of the art and future directions. *Robotics Research*. Springer, 2016, 253–269.
- Gonenc, B., Feldman, E., Gehlbach, P., Handa, J., Taylor, R. H., & Iordachita, I. (2014, May). Towards robot-assisted vitreoretinal surgery: Force-sensing micro-forceps integrated with a handheld micromanipulator. In *2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)* (pp. 1399-1404). IEEE.
- Gonzales, M.J., Cheung, V.C., and Riek, L.D. Designing collaborative healthcare technology for the acute care workflow. In *Proceedings of the 9th Int'l Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*, 2015.
- Gonzales, M.J., Henry, J.M., Calhoun, A.W., and Riek, L.D. Visual task: A collaborative cognitive aid for acute care resuscitation. In *Proceedings of the 10th Int'l Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*, 2016.
- Graf, C. The Lawton instrumental activities of daily living scale. *The American J. Nursing* 108, 4 (2008).
- Guglielmelli, E., Johnson, M. J., & Shibata, T. (2009). Guest editorial special issue on rehabilitation robotics. *IEEE Transactions on Robotics*, 25(3), 477-480.
- Hager, G. D., Okamura, A. M., Kazanzides, P., Whitcomb, L. L., Fichtinger, G., & Taylor, R. H. (2008). Surgical and interventional robotics: part III [Tutorial]. *IEEE robotics & automation magazine*, 15(4), 84-93.

- Hannaford, B., Rosen, J., Friedman, D. W., King, H., Roan, P., Cheng, L., ... & White, L. (2012). Raven-II: an open platform for surgical robotics research. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, *60*(4), 954-959.
- Hanson, R. 2016. *The Age of Em: Work, Love, and Life when Robots Rule the Earth*. Oxford University Press.
- Hartzog, W. Unfair and deceptive robots. *Maryland Law Review* *74*, 785 (2015).
- Hasegawa, Y., Oura, S., & Takahashi, J. (2013). Exoskeletal meal assistance system (EMAS II) for patients with progressive muscular disease. *Advanced Robotics*, *27*(18), 1385-1398.
- He, C., Wang, S., Sang, H., Li, J., & Zhang, L. (2014). Force sensing of multiple-DOF cable-driven instruments for minimally invasive robotic surgery. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, *10*(3), 314-324.
- He, X., Balicki, M., Gehlbach, P., Handa, J., Taylor, R., & Iordachita, I. (2013, May). A novel dual force sensing instrument with cooperative robotic assistant for vitreoretinal surgery. In *2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation* (pp. 213-218). IEEE.
- Hendrick, R. J., Herrell, S. D., & Webster, R. J. (2014, May). A multi-arm hand-held robotic system for transurethral laser prostate surgery. In *2014 IEEE international conference on robotics and automation (ICRA)* (pp. 2850-2855). IEEE.
- Heo, P., & Kim, J. (2014). Power-assistive finger exoskeleton with a palmar opening at the fingerpad. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, *61*(11), 2688-2697.
- Hesse, S., Schulte-Tigges, G., Konrad, M., Bardeleben, A., & Werner, C. (2003). Robot-assisted arm trainer for the passive and active practice of bilateral forearm and wrist movements in hemiparetic subjects. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *84*(6), 915-920.
- Hesse, S., Schulte-Tigges, G., Konrad, M., Bardeleben, A., & Werner, C. (2003). Robot-assisted arm trainer for the passive and active practice of bilateral

- forearm and wrist movements in hemiparetic subjects. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 84(6), 915-920.
- Hogan, N., & Krebs, H. I. (2004). Interactive robots for neuro-rehabilitation. *Restorative neurology and neuroscience*, 22(3-5), 349-358.
- Hogan, N., Krebs, H. I., Charnnarong, J., Srikrishna, P., & Sharon, A. (1992). MIT-MANUS: a workstation for manual therapy and training. I. In *[1992] Proceedings IEEE International Workshop on Robot and Human Communication* (pp. 161-165). IEEE.
- Hong, M. B., & Jo, Y. H. (2012). Design and evaluation of 2-DOF compliant forceps with force-sensing capability for minimally invasive robot surgery. *IEEE Transactions on Robotics*, 28(4), 932-941.
- Ikemoto, S., Amor, H. B., Minato, T., Jung, B., & Ishiguro, H. (2012). Physical human-robot interaction: Mutual learning and adaptation. *IEEE robotics & automation magazine*, 19(4), 24-35.
- Iyer, S., Looi, T., & Drake, J. (2013, May). A single arm, single camera system for automated suturing. In *2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation* (pp. 239-244). IEEE.
- Jezernik, S., Colombo, G., Keller, T., Frueh, H., & Morari, M. (2003). Robotic orthosis lokomat: A rehabilitation and research tool. *Neuromodulation: Technology at the neural interface*, 6(2), 108-115.
- Jones, G., Gardner, G. E., Lee, T., Poland, K., & Robert, S. (2013). The impact of microbiology instruction on students' perceptions of risks related to microbial illness. *International Journal of Science Education, Part B*, 3(3), 199-213.
- Jones, S.S et. al. Guide to reducing unintended consequences of electronic health records. Agency for Healthcare Research and Quality, 2011.
- Jouanna, J. (2012). Egyptian medicine and Greek medicine. In *Greek medicine from Hippocrates to Galen* (pp. 1-20). Brill.
- Kajita, S. Hirukawa, H., Harada, K. & Yokoi, K. 2014. *Introduction to Humanoid Robotics*. Springer

- Kanda, Y. (2013). Investigation of the freely available easy-to-use software ‘EZR’ for medical statistics. *Bone marrow transplantation*, 48(3), 452-458.
- Katz, S., Ford, A. B., Moskowitz, R. W., Jackson, B. A., & Jaffe, M. W. (1963). Studies of illness in the aged: the index of ADL: a standardized measure of biological and psychosocial function. *Jama*, 185(12), 914-919.
- Kazanzides, P., Fichtinger, G., Hager, G. D., Okamura, A. M., Whitcomb, L. L., & Taylor, R. H. (2008). Surgical and interventional robotics-core concepts, technology, and design [Tutorial]. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 15(2), 122-130.
- Kernbach, S. 2013. *Handbook of Collective Robotics: Fundamentals and Challenges*. Pan Stanford Publishing.
- Kidd, C. D., Taggart, W., & Turkle, S. (2006, May). A sociable robot to encourage social interaction among the elderly. In *Proceedings 2006 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2006. ICRA 2006*. (pp. 3972-3976). IEEE.
- Kiguchi, K., & Hayashi, Y. (2012). An EMG-based control for an upper-limb power-assist exoskeleton robot. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 42(4), 1064-1071.
- Kiguchi, K., & Hayashi, Y. (2012). An EMG-based control for an upper-limb power-assist exoskeleton robot. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 42(4), 1064-1071.
- Knott, M. (1957). Proprioceptive neuromuscular facilitation: patterns and techniques. *The American Journal of the Medical Sciences*, 233(1).
- Koutenaie, B.A., Wilson, E., Monfaredi, R., Peters, C., Kronreif, G., Cleary, K.: Robotic natural orifice transluminal endoscopic surgery (R-NOTES): Literature review and prototype system. *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies* 24(1), 18–23 (2015)
- Kraft, K. and Smart, W.D. Seeing is comforting: effects of teleoperator visibility in robot-mediated health care. *The Proceedings of the 11th ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction, 2016*, 11–18.

- Krewer, C., Müller, F., Husemann, B., Heller, S., Quintern, J., & Koenig, E. (2007). The influence of different Lokomat walking conditions on the energy expenditure of hemiparetic patients and healthy subjects. *Gait & posture*, 26(3), 372-377.
- Kurnicki, A., Stanczyk, B., & Kania, B. (2014, July). Manipulator development for telediagnosics. In *Proceedings of the International Conference on Mechatronics and Robotics, Structural Analysis (MEROSTA2014)* (pp. 214-218).
- Kwoh, Y. S., Hou, J., Jonckheere, E. A., & Hayati, S. (1988). A robot with improved absolute positioning accuracy for CT guided stereotactic brain surgery. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 35(2), 153-160.
- Lahijanian, M., Maly, M.R., Fried, D., Kavraki L.E., Kress-Gazit, H., and Vardi, M.Y. Iterative temporal planning in uncertain environments with partial satisfaction guarantees. *IEEE Trans. Robotics*, 2016.
- Lathan, C., Vice, J. M., Tracey, M., Plaisant, C., Druin, A., Edward, K., & Montemayor, J. (2001, March). Therapeutic play with a storytelling robot. In *CHI'01 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 27-28).
- Li, J. et al. 2013. *Greatly Develop Robot Industry to Promote Industrial Transformation and Upgrading in our Province*. Hangzhou: Zhejiang Province Economic and Information Commission.
- Lluch, M. Healthcare professionals' organizational barriers to health information technologies—A literature review. *International J. Medical Informatics*, 2011.
- Lobo-Prat, J., Kooren, P. N., Stienen, A. H., Herder, J. L., Koopman, B. F., & Veltink, P. H. (2014). Non-invasive control interfaces for intention detection in active movement-assistive devices. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 11(1), 168.
- Lu, E.C. et al. Development of a robotic device for upper limb stroke rehabilitation: A user-centered design approach. *Paladyn* 2, 4 (2011), 176–184.

- Lu, L., Han, X., Li, J., Hua, J., & Ouyang, M. (2013). A review on the key issues for lithium-ion battery management in electric vehicles. *Journal of power sources*, 226, 272-288.
- Lum, M. J., Friedman, D. C., Sankaranarayanan, G., King, H., Fodero, K., Leuschke, R., ... & Sinanan, M. N. (2009). The RAVEN: Design and validation of a telesurgery system. *The International Journal of Robotics Research*, 28(9), 1183-1197.
- Lum, P. S., Burgar, C. G., & Shor, P. C. (2004). Evidence for improved muscle activation patterns after retraining of reaching movements with the MIME robotic system in subjects with post-stroke hemiparesis. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 12(2), 186-194.
- Maciejasz, P., Eschweiler, J., Gerlach-Hahn, K., Jansen-Troy, A., & Leonhardt, S. (2014). A survey on robotic devices for upper limb rehabilitation. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 11(1), 3.
- Marcus, H. J., Zareinia, K., Gan, L. S., Yang, F. W., Lama, S., Yang, G. Z., & Sutherland, G. R. (2014). Forces exerted during microneurosurgery: a cadaver study. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, 10(2), 251-256.
- Marcus, H., Nandi, D., Darzi, A., & Yang, G. Z. (2013). Surgical robotics through a keyhole: From today's translational barriers to tomorrow's “disappearing” robots. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 60(3), 674-681.
- Marganne, M. H., & de Haro Sanchez, M. (2014). 6 At the Crossroads of Greek and Roman Medicine: The Contribution of Latin Papyri 1. Medical Texts; 2. Iatromagical Papyri. In *'Greek'and'Roman'in Latin Medical Texts* (pp. 92-116). Brill.
- Matarić, M. J., Eriksson, J., Feil-Seifer, D. J., & Winstein, C. J. (2007). Socially assistive robotics for post-stroke rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 4(1), 5.
- McCaul, K. D., & Malott, J. M. (1985). Distraction and coping with pain: Psychol. Bull., 95 (1984) 516–533. *Pain*, 23(3), 315.

- Micera, S., Carrozza, M. C., Beccai, L., Vecchi, F., & Dario, P. (2006). Hybrid bionic systems for the replacement of hand function. *Proceedings of the IEEE*, 94(9), 1752-1762.
- Milligan, C. *There's no place like home: Place and care in an ageing society*. Ashgate Publishing Ltd., 2012.
- Moosaei, M., Das, S.K., Popa, D.O., and Riek, L.D. Using facially expressive robots to calibrate clinical pain perception. In *Proceedings of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 32–41.
- Moosaei, M., Gonzales, M.J., and Riek L.D. Naturalistic pain synthesis for virtual patients. *International Conference on Intelligent Virtual Agents*, 2014.
- Mukai, T., Hirano, S., Nakashima, H., Kato, Y., Sakaida, Y., et al. Development of a nursing-care assistant robot RIBA that can lift a human in its arms. *IEEE Intelligent Robots and Systems*, 2010.
- Mukai, T., Hirano, S., Nakashima, H., Kato, Y., Sakaida, Y., Guo, S., & Hosoe, S. (2010, October). Development of a nursing-care assistant robot RIBA that can lift a human in its arms. In *2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems* (pp. 5996-6001). IEEE.
- Nakajima, S. (2014). Proposal of a personal mobility vehicle capable of traversing rough terrain. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 9(3), 248-259.
- Neater Arm Support. <http://www.neater.co.uk/neater-arm-support> (retrieved February 10, 2015)
- Nelson, B.J., Kaliakatsos, I.K., and Abbott, J.J. Microrobots for minimally invasive medicine. *Annual Review of Biomedical Engineering* 12 (2010), 55–85.
- Nielsen, J. L., Holmgaard, S., Jiang, N., Englehart, K. B., Farina, D., & Parker, P. A. (2010). Simultaneous and proportional force estimation for multifunction myoelectric prostheses using mirrored bilateral training. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 58(3), 681-688.
- Nilsson, M., Ingvast, J., Wikander, J., & von Holst, H. (2012, December). The Soft Extra Muscle system for improving the grasping capability in neurological

- rehabilitation. In *2012 IEEE-EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences* (pp. 412-417). IEEE.
- Nof, S. 2008. *Springer Handbook of Automation*. Springer-Verlag
- Nourbakhsh, I. 2013. *Robot Futures*. The MIT Press, Cambridge Massachusetts, London England
- Oden, R. (1918). Systematic therapeutic exercises in the management of the paralyses in hemiplegia. *Journal of the American Medical Association*, 70(12), 828-833.
- Okamura, A. Mataric, M. & Christensen – Panels, H. 2008. *CCC/CRA, Roadmapping for Robotics Workshop: A Research Roadmap for Medical and Healthcare Robotics*. Available at: <http://www.us-robotics.us/medical-ws.html>
- Okamura, A.M., Mataric, M.J., and Christensen, H.I. Medical and health-care robotics. *Robotics and Automation* 17, 3 (2010), 26–27.
- Onishi, M., Luo, Z., Odashima, T., Hirano, S., Tahara, K., & Mukai, T. (2007, April). Generation of human care behaviors by human-interactive robot RI-MAN. In *Proceedings 2007 IEEE International Conference on Robotics and Automation* (pp. 3128-3129). IEEE.
- Pagliarini, L. & Lund, H. 2008. The Development of Robot Art. *AROB, 13th International Symposium on Artificial Life and Robotics*, Oita, Japan.
- Panzirsch, M., Weber, B., Rubio, L., Coloma, S., Ferre, M., & Artigas, J. (2017, June). Tele-healthcare with humanoid robots: A user study on the evaluation of force feedback effects. In *2017 IEEE World Haptics Conference (WHC)* (pp. 245-250). IEEE.
- Parette, P. and Scherer, M. Assistive technology use and stigma. *Education and Training in Developmental Disabilities*, 2004, 217–226.
- Payne, C. J., Latt, W. T., & Yang, G. Z. (2012, May). A new hand-held force-amplifying device for micromanipulation. In *2012 IEEE International Conference on Robotics and Automation* (pp. 1583-1588). IEEE.
- Rabbia Mahum *, Faisal Shafique Butt, Kashif Ayyub, Seema Islam, Marriam Nawaz, D. A. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*.

- International Journal of Advanced and Applied Sciences, 4(2), 83–90. (2017). Retrieved from [http://science-gate.com/IJAAS/Articles/2016-3-12/14 2016-3-12-pp.106-112.pdf](http://science-gate.com/IJAAS/Articles/2016-3-12/14%2016-3-12-pp.106-112.pdf)
- Ramachandran, V. S., & Hirstein, W. (1998). The perception of phantom limbs. The DO Hebb lecture. *Brain: a journal of neurology*, 121(9), 1603-1630.
- Ranzani, T., Silvestri, M., Argiolas, A., Vatteroni, M., & Menciassi, A. (2013, May). A novel trocar-less, multi-point of view, magnetic actuated laparoscope. In *2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation* (pp. 1199-1204). IEEE.
- ReWalk – More than Walking. <http://www.rewalk.com/> (retrieved February 15, 2015)
- Riek, L. D. (2017). Healthcare robotics. *Communications of the ACM*, 60(11), 68-78.
- Riek, L.D and Howard, D. A code of ethics for the human-robot interaction profession. In *Proceedings of We Robot*, 2014.
- Riek, L.D and Robinson, P. Using robots to help people habituate to visible disabilities. In *IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics*, 2011.
- Riek, L.D, Hartzog, W., Howard, D.A., Moon, A., and Calo, R. The emerging policy and ethics of human robot interaction. *HRI (Extended Abstracts)*, 2015.
- Riek, L.D. Robotics technology in mental health care. *Artificial Intelligence in Behavioral and Mental Health Care*. D. Luxton, (ed). Academic Press, 2015.
- Riek, L.D. The social co-robotics problem space: Six key challenges. *Robotics challenges and vision*. In *Proceedings of the Workshop at Robotics: Science and Systems*, 2013.
- Riener, R., Nef, T., & Colombo, G. (2005). Robot-aided neurorehabilitation of the upper extremities. *Medical and biological engineering and computing*, 43(1), 2-10.
- Riener, R., Nef, T., & Colombo, G. (2005). Robot-aided neurorehabilitation of the upper extremities. *Medical and biological engineering and computing*, 43(1), 2-10.

- Ronsse, R., Vitiello, N., Lenzi, T., Van Den Kieboom, J., Carrozza, M. C., & Ijspeert, A. J. (2010). Human–robot synchrony: flexible assistance using adaptive oscillators. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 58(4), 1001-1012.
- Roy, S. H., De Luca, G., Cheng, M. S., Johansson, A., Gilmore, L. D., & De Luca, C. J. (2007). Electro-mechanical stability of surface EMG sensors. *Medical & biological engineering & computing*, 45(5), 447-457.
- Russo, S., Dario, P., & Menciassi, A. (2014). A novel robotic platform for laser-assisted transurethral surgery of the prostate. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 62(2), 489-500.
- Sacramento, C. A. (2004). Ancient and Prehistoric Medicine. *Clinical Engineering Handbook*, 11.
- Saini, A. (2016). Physicians of ancient India. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 5(2), 254.
- Sánchez, A., Poignet, P., Dombre, E., Menciassi, A., & Dario, P. (2014). A design framework for surgical robots: Example of the Araknes robot controller. *Robotics and Autonomous Systems*, 62(9), 1342-1352.
- Sanchez, R., Reinkensmeyer, D. E. R. I. C., Shah, P., Liu, J., Rao, S., Smith, R., ... & Bobrow, J. (2004, September). Monitoring functional arm movement for home-based therapy after stroke. In *The 26th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (Vol. 2, pp. 4787-4790). IEEE.
- Shi, L. and Singh, D. A. *Delivering health care in America*. Jones & Bartlett Learning, 2014.
- Shi, M. 2014. China's Robot Industry Faces Severe Challenge in Development. *Science & Technology Review* (32): 9.
- Shin, W. H., & Kwon, D. S. (2013). Surgical robot system for single-port surgery with novel joint mechanism. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 60(4), 937-944.
- Shinohara, K. A new approach for the design of assistive technologies: Design for social acceptance. *ACM SIGACCESS Accessibility and Computing*, 2012.

- Shinohara, K. and Wobbrock, J.O. In the shadow of misperception: Assistive technology use and social interactions. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2011.
- Siegwart, R., Nourbakhsh, R. & Scaramuzza, D. 2004. *Introduction to Autonomous Mobile Robots*. The MIT Press, Cambridge Massachusetts, London England.
- Simshaw, D., Terry, N., Hauser, K., and Cummings, M. Regulating healthcare robots: Maximizing opportunities while minimizing risks. *Richmond J. of Law & Tech*, 2016.
- Sood, M. & Leichtle, S. 2013. *Essentials of Robotic Surgery*, Spry Publishing LLC.
- Springer, P. 2013. *Military Robots and Drones: A Reference Handbook*. ABC-CLIO Editor.
- Stubbendieck, R. M., Vargas-Bautista, C., & Straight, P. D. (2016). Bacterial communities: interactions to scale. *Frontiers in microbiology*, 7, 1234.
- Swarup, I., & O'Donnell, J. F. (2016). An overview of the history of orthopedic surgery. *Am J Orthop*, 45(7), 434-8.
- TEK Robotic Mobilization Device. <http://www.matiarobotics.com/index.html> (retrieved February 15, 2015)
- Tipton, C. M. (2014). The history of “Exercise Is Medicine” in ancient civilizations. *Advances in physiology education*, 38(2), 109-117.
- Trivedi, D., Rahn C.D., Kier, W.M., and Walker, I.D. Soft robotics: Biological inspiration, state of the art, and future research. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2008.
- Tsui, K.M., Kim, D.J., Behal, A., Kontal, D., and Yanco, H. A. 'I want that!' Human-in-the-loop control of a wheelchair-mounted robotic arm. *Applied Bionics and Biomechanics* 8, 1 (2011), 127–147.
- Tucker, M.R. et al. Control strategies for active lower extremity prosthetics and orthotics: a review. *J. of Neuroengineering and Rehabilitation*, 2015.
- Ulrich R.S. et al. A review of the research literature on evidence-based healthcare design. *Health Environments Research & Design J.*, 2008.

- United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division, World Population Prospects: The 2008 Revision, New York, 2009.
- van den Bremer, J., & Moll, F. L. (2010). Historical overview of varicose vein surgery. *Annals of vascular surgery*, 24(3), 426-432.
- Van Der Linden, P., James, M., Mythen, M., & Weiskopf, R. B. (2013). Safety of modern starches used during surgery. *Anesthesia & Analgesia*, 116(1), 35-48.
- van Osch, M., Bera, D., van Hee, K., Koks, Y., & Zeegers, H. (2014). Tele-operated service robots: ROSE. *Automation in Construction*, 39, 152-160.
- Wada, K., Shibata, T., Saito, T., & Tanie, K. (2002, October). Analysis of factors that bring mental effects to elderly people in robot assisted activity. In IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (Vol. 2, pp. 1152-1157). Ieee.
- Webb, B. (2001). Can robots make good models of biological behaviour?. *Behavioral and brain sciences*, 24(6), 1033-1050.
- Webster R.J., Okamura, A.M., and Cowan, N.J. Toward active cannulas: Miniature snake-like surgical robots. IEEE/RSJ Intelligent Robots and Systems. IEEE, 2006.
- Wellman, J., Jeffries, H., and Hagan, P. Leading the Lean Healthcare Journey: Driving Culture Change to Increase Value. CRC Press, 2016.
- West, G. (2004). Powered gait orthosis and method of utilizing same. *Patent number 6 689 075*.
- Wu, Q., Liu, Y., & Wu, C. (2018). An overview of current situations of robot industry development. In *ITM Web of Conferences* (Vol. 17, p. 03019). EDP Sciences.
- Xiaobin, Z. H. O. U. (2011). APPLICATION OF MEDICAL STATISTICS SOFTWARE PPMS 1.5 IN MEDICAL SCIENTIFIC RESEARCH [J]. *Acta Academiae Medicinae Qingdao Universitatis*, 6.
- Yasemin, M., Kasımoğlu, Y., Kocaaydın, S., Karşlı, E., İnce, E. B. T., & İnce, G. (2016, May). Management of dental anxiety in children using robots.

In *2016 24th Signal Processing and Communication Application Conference (SIU)* (pp. 237-240). IEEE.

Yu, H., Shen, J. H., Joos, K. M., & Simaan, N. (2013, May). Design, calibration and preliminary testing of a robotic telemanipulator for OCT guided retinal surgery. In *2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation* (pp. 225-231). IEEE.

Zygomalas, A., Kehagias, I., Giokas, K., & Koutsouris, D. (2015). Miniature surgical robots in the era of NOTES and LESS: dream or reality?. *Surgical innovation*, *22*(1), 97-107.