

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΝΟΣΗΛΕΥΤΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗΣ ΚΑΙ Ο ΡΟΛΟΣ
ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΜΕΝΟΥ ΝΟΣΗΛΕΥΤΗ**



ΦΟΙΤΗΤΡΙΕΣ: ΚΟΥΤΡΑ ΣΟΦΙΑ

ΜΠΑΛΑΦΑ ΙΩΑΝΝΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΠΕΡΙΚΛΗΣ ΡΟΜΠΟΛΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2016

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μας εργασίας οφείλουμε να εκφράσουμε τις θερμές μας ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή Περικλή Ρόμπολα, ο οποίος δίνοντάς μας τη δυνατότητα να εκπονήσουμε την πτυχιακή μας εργασία στο συγκεκριμένο θέμα μας έδειξε εμπιστοσύνη και ενδιαφέρον. Τον ευχαριστούμε επίσης για τις πολύτιμες γνώσεις και συμβουλές καθώς και για την υποστήριξη και καθοδήγηση που μας παρείχε καθόλη τη διάρκεια της εργασίας.

Περίληψη

Η εισαγωγή της ρομποτικής χειρουργικής στην θεραπεία και φροντίδα ασθενών δημιούργησε νέα δεδομένα για το γενικό τομέα της υγείας. Διαδικασίες, χειρουργεία καθώς και τρόπος φροντίδας, νοσηλείας και αποκατάστασης χρειάστηκε να προσαρμοστούν σε αυτή τη νέα τεχνολογία ελάχιστης παρέμβασης και ταχείας αποκατάστασης. Καθώς η ρομποτική χειρουργική αποκτά όλο και μεγαλύτερη σημασία και χρησιμοποιείται σε όλο και περισσότερες επεμβάσεις, ο ρόλος του νοσηλευτή αλλάζει ώστε να αντιμετωπίσει και να προσαρμοστεί στα νέα δεδομένα.

Η παρούσα εργασία είναι μια προσπάθεια αποτύπωσης των βασικών στοιχείων που αφορά στο τελευταίο, ήτοι την επίδραση στην εργασία και λειτουργία του νοσηλευτή σε ένα κέντρο που εφαρμόζεται η ρομποτική χειρουργική.

Η εργασία παρουσιάζει συνοπτικά τις βασικές έννοιες περί ρομποτικής, για την καλύτερη κατανόηση από τον αναγνώστη, καθώς και μια εκτεταμένη βιβλιογραφικά τεκμηριωμένη ιστορική αναδρομή στην εισαγωγή και ανάπτυξη της τεχνολογίας.

Συνοπτικά παρουσιάζονται οι επεμβάσεις που λαμβάνουν χώρα με χρήση της ρομποτικής χειρουργικής στον Ελλαδικό χώρο, και επισημαίνονται οι αλλαγές σε σχέση με τα κλασσικά χειρουργεία. Παρουσιάζεται και αναλύεται ο ρόλος του νοσηλευτή ρομποτικής χειρουργικής, με ιδιαίτερη έμφαση στις απαιτούμενες ικανότητες και δεξιότητες, όπως και στις υποχρεώσεις του.

Τέλος η εργασία κλείνει με τη παρουσίαση των μελλοντικών προκλήσεων που θα πρέπει να αντιμετωπίσει ένας νοσηλευτής καθώς η τεχνολογία της ρομποτικής χειρουργικής εξελίσσεται και εισάγεται όλο και περισσότερο στον χώρο εργασίας του.

Λεξεις κλειδιά:

Ρομποτική χειρουργική, νοσηλευτής ρομποτικής χειρουργικής, πληροφορική στην ιατρική, ελάχιστα επεμβατικά χειρουργεία

Abstract

The introduction of robotic surgery in the treatment and care of patients has created new conditions for the general health. Procedures, surgeries and ways of treatment, care, and rehabilitation had to adapt to this new minimum invasive and rapid recovery technology. As robotic surgery is becoming increasingly important and is used in more and more applications, the role of the nurse changes in order to address and adapt to the new circumstances.

This thesis is an attempt to capture the key elements relating to the latter, namely the effect on the nursing work and function in a center where robotic surgery is applied.

The paper outlines the basic notions of robotics, for a better understanding by the reader, as well as an extensive literature documented history regarding the introduction and development of the relevant technology.

Afterwards the thesis focuses on the use of the technology, summarizing the operations taking place using the robotic surgery in Greece, while highlighting the changes with respect to classic surgery. The role of robotic surgery nurse is analyzed, with particular emphasis on the necessary qualifications and skills, as well as their obligations.

Finally, the thesis closes with the presentation of the future challenges to be faced by the nurse as the surgical robotic technology evolves and is introduced increasingly in their workplace.

KEYWORDS :

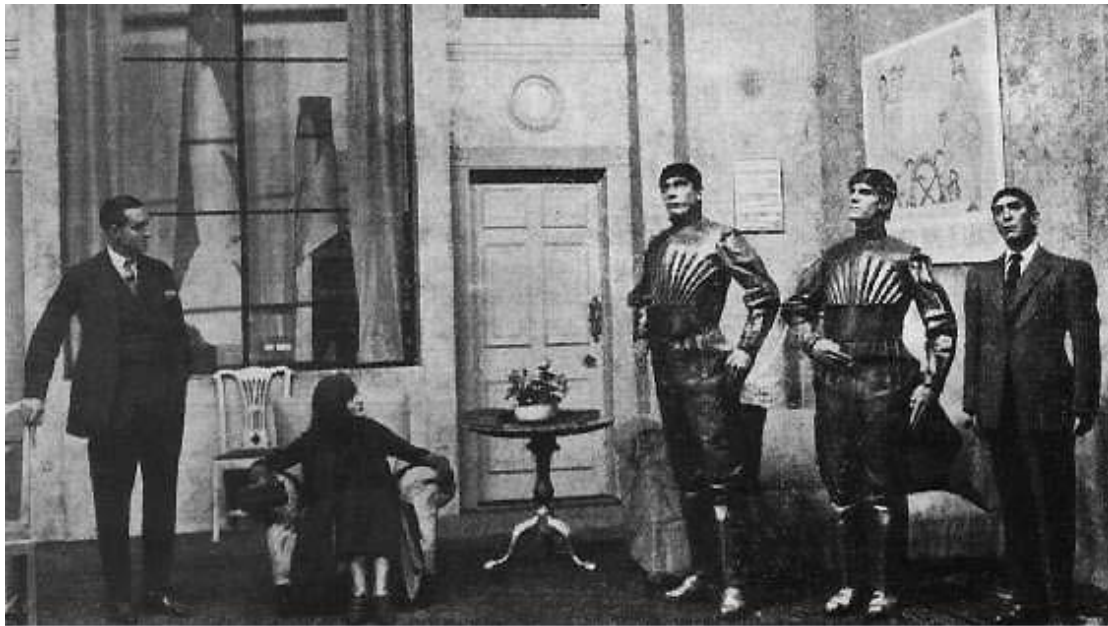
Robotic surgery, robotic surgery nurse, health science information technology, minimally invasive surgery

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	1
Περίληψη	2
Abstract	3
Περιεχόμενα	4
Κεφάλαιο 1^ο Εισαγωγικές έννοιες	5
1.1 Οργάνωση και λειτουργία ενός ρομπότ	9
1.1.1 Το μηχανικό μέρος του Ρομπότ	9
1.1.2 Ο Ελεγκτής του ρομπότ	10
1.1.3 Οι βαθμοί ελευθερίας	11
1.2 Ρομποτική χειρουργική – Χειρουργικά Ρομπότ	12
Κεφάλαιο 2^ο Η παρούσα κατάσταση της εφαρμογής της ρομποτικής χειρουργικής	19
2.1 Εφαρμογές της ρομποτικής χειρουργικής	20
2.1.1 Θωρακοχειρουργική – Γενική χειρουργική	22
2.1.2 Ουρολογία	27
2.1.3 Παιδιατρική	32
2.1.4 Γυναικολογία	33
2.1.5 Καρδιοχειρουργική	36
2.1.6 Ορθοπεδική	40
2.2 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα ρομποτικής χειρουργικής	44
2.2.1 Πλεονεκτήματα	44
2.2.2 Μειονεκτήματα	46
2.2.3 Ζητήματα Ασφαλείας	47
Κεφάλαιο 3^ο Πληροφορική της υγείας και ρομποτική χειρουργική	49
3.1 Τηλεϊατρική	49
3.2 Τηλεπερίθαλψη - Τηλεφροντίδα	53
3.3 Τηλεχειρουργική	55
3.4 Εικονική πραγματικότητα και χειρουργική	60
Κεφάλαιο 4^ο Ο νοσηλευτής και οι εφαρμογές της ρομποτικής χειρουργικής	67
4.1 Εργαλεία και όργανα	70
4.2 Εκπαίδευση - οργάνωση	72
4.3 Φροντίδα ασθενούς	77
Κεφάλαιο 5^ο Το μέλλον και οι προκλήσεις για το νοσηλευτή – Συμπεράσματα- Νοσηλευτική διεργασία	77
ΝΟΣΗΛΕΥΤΙΚΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ	82
BIBΛΙΟΓΡΦΙΑ.....	

Κεφάλαιο 1^ο Εισαγωγικές έννοιες

Η λέξη Ρομπότ έγινε για πρώτη φορά γνωστή στο ευρύ κοινό από τον Τσέχο συγγραφέα Karel Čapek στο έργο του R.U.R. (Rossum's Universal Robots), το 1920 [Karel Čapek website]. Το έργο ξεκινά σε ένα εργοστάσιο που κατασκευάζει τεχνητούς ανθρώπους που ονομάζονται ρομπότ τα οποία είναι πιο κοντά στην σύγχρονη ιδέα των ανθρωποειδών (εικ. 1). Η λέξη robota στα Τσέχικα σημαίνει εργασία και βαριά εργασία. Ο όρος ρομπωτική χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει τον επιστημονικό κλάδο που ασχολείται με τα ρομπότ από τον συγγραφέα επιστημονικής φαντασίας Isaaκ Asimov.



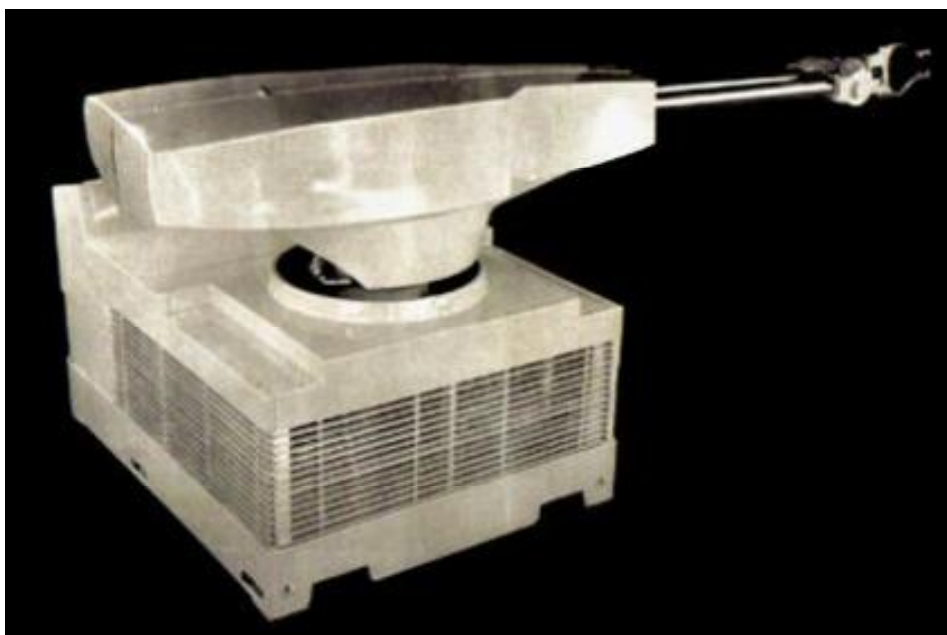
Εικόνα 1 Σκηνή από το έργο R.U.R.

Ο διεθνής οργανισμός προτυποποίησης (International Organization for Standardization) έδωσε τον ορισμό της λέξης ρομπότ στο πρότυπο ISO 8373: «αυτόματα ελεγχόμενο επαναπρογραμματιζόμενο πολλαπλού σκοπού με προγραμματιζόμενα χειριστήρια σε 3 ή περισσότερους άξονες που μπορεί να είναι σταθερό ή κινητό» [International Standards for Business, Government and Society]. Αυτός ο ορισμός χρησιμοποιείται από τον διεθνή οργανισμό ρομπωτικής (International Federation of Robotics – IFR [www.ifr.org]) και το δίκτυο έρευνας στην ρομπωτική της ΕΕ European Robotics Research Network (EURON) [www.euron.net], καθώς και άλλους παρόμοιους οργανισμούς ανά τον κόσμο. Ο όρος ρομπότ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τα φυσικά όσο και τα εικονικά ρομπότ (λογισμικά) αν και στην δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιείται ο όρος bots [web.archive.org].

Η έννοια όμως είναι πιο παλιά. Σε ελληνικά κείμενα παρόμοιος όρος κάνει την εμφάνιση του στην Ηλιάδα όπου ο Ήφαιστος παράγει από χρυσό ομιλούντες δούλους [Ιλιάδα]. Το 1206 ο Al-Jazar δημιούργησε ένα προγραμματιζόμενο ανθρωποειδές που έπαιζε μουσική. Το 1495 ο Leonardo Da Vinci σχεδίασε ένα ανθρωποειδές με πανοπλία και διάφορους

αυτοματισμούς αν και δεν είναι γνωστό αν προχώρησε στην κατασκευή του [Wikipedia]. Το 1737 ο Jacques de Vaucanson κατασκευάζει την Canard Digérateur μια πάπια ικανή να μιμείται τις αληθινές.

Το πρώτο βιομηχανικό ρομπότ ήταν το Unimate από την Unimation για λογαριασμό της General Motors το 1961 (εικ. 2), ενώ το πρώτο ρομπότ με ικανότητα κίνησης και εκτίμησης του περιβάλλοντος χώρου ήταν το Shakey που κατασκευάστηκε το 1970 από το Stanford Research Institute. Το 1986 η Honda αρχίζει την έρευνα στα ανθρωποειδή με στόχο την αλληλεπίδραση με τους ανθρώπους (εικ.3).



Εικόνα 2 Το ρομπότ Unimate



Εικόνα 3 Ο ASIMO της Honda

Τα πρώτα ρομπότ στην χειρουργική εμφανίστηκαν το 1985, όταν το PUMA 560 χρησιμοποιήθηκε για την εισαγωγή μιας βελόνας βιοψίας σε εγκέφαλο ασθενούς με καθοδήγηση από αξονικό τομογράφο [Mckay-Davies, et. Al. 2002]. Το PROBOT, που αναπτύχθηκε από το Imperial College of

London το 1988 χρησιμοποιήθηκε για την χειρουργική του προστάτη. Η Integrated Surgical Systems κατασκεύασε το 1992 το ROBODOC για μεγαλύτερη ακρίβεια στην αρθροπλαστική του γόνατος ενώ ο Dr. John Adler σχεδιάζει και δημιουργεί το Cyberknife, ένα στερεοτακτικό ραδιοχειρουργικό ρομπότ [CyberKnife Society] και το AESOP, ένα ρομπότ κάμερα που κατακτούν τις ραδιοχειρουργικές αίθουσες (εικ. 4,5).



Εικόνα 4 Το Cyberknife



Εικόνα 5 Το AESOP

Η μεγάλη επανάσταση στην ρομποτική χειρουργική έγινε το 1999 με την εμφάνιση του da Vinci Surgical System και του ZEUS robotic surgical system της Intuitive Surgical [Intuitive Surgical., The Zeus System] (εικ. 6,7). Μέσω επίσης της ρομποτικής δόθηκε και η δυνατότητα της εξ' αποστάσεως επέμβασης (Τηλεχειρουργική) Η πρώτη τέτοια επέμβαση έλαβε χώρα στις

7/9/2001 όταν ένας ασθενής στο Στρασβούργο υπεβλήθη σε χολοκυστεκτομή από χειρουργούς στην Νέα Υόρκη με τη βοήθεια του ZEUS.



Εικόνα 6 Το σύστημα da Vinci



Εικόνα 7 Το ZEUS

1.1 Οργάνωση και λειτουργία ενός ρομπότ

Ένα απλό, κλασικό ρομποτικό σύστημα αποτελείται από δύο βασικά στοιχεία, το μηχανικό μέρος και τον ελεγκτή του. Ακολουθώς περιγράφονται

αναλυτικότερα τα δύο αυτά στοιχεία και δίνεται ο ορισμός των βαθμών ελευθερίας ενός ρομπότ.

1.1.1 Το μηχανικό μέρος του Ρομπότ

Το μηχανικό μέρος ενός ρομπότ περιλαμβάνει το σύνολο των βραχιόνων του. Ανάλογα με την εργασία για την οποία έχει σχεδιαστεί, ένα ρομποτικό σύστημα μπορεί να διαθέτει έναν ή περισσότερους βραχίονες. Σε κάθε περίπτωση πάντως, κάθε βραχίονας αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

- Βάση: Η βάση είναι στερεωμένη στο περιβάλλον εργασίας του ρομπότ και σε αυτήν συνδέεται μία αλυσίδα συνδέσμων και αρθρώσεων που καταλήγει στο εργαλείο δράσης.
- Συνδέσμους: Οι σύνδεσμοι είναι στερεά, μεταλλικά συνήθως σώματα και συγκροτούν το σκελετό του ρομποτικού συστήματος.
- Αρθρώσεις: Οι αρθρώσεις είναι μηχανισμοί που επιτρέπουν τη σχετική κίνηση μεταξύ των συνδέσμων. Δύο κύριες κατηγορίες στις οποίες διακρίνονται αυτές είναι οι στροφικές και οι πρισματικές. Οι στροφικές αρθρώσεις επιτρέπουν σχετική στροφή μεταξύ δύο συνδέσμων, ενώ οι πρισματικές τη σχετική μετατόπιση – σε ευθεία γραμμή – ανάμεσα σε δύο γειτονικούς συνδέσμους.
- Κινητήρες: Είναι φανερό ότι κάθε άρθρωση χρειάζεται και από έναν κινητήρα. Ο κινητήρας μπορεί να είναι ηλεκτρικός, υδραυλικός ή πνευματικός.
- Αισθητήρες: Για τον έλεγχο της θέσης του ρομπότ απαιτούνται πληροφορίες για τη θέση και την ταχύτητα κάθε άρθρωσης ξεχωριστά. Για τη συλλογή αυτών των πληροφοριών χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι αισθητήρων, από απλά ποτενσιόμετρα και ταχύμετρα μέχρι ψηφιακοί οπτικοί κωδικοποιητές θέσης (encoders).
- Εργαλείο δράσης: Κάθε βραχίονας του ρομποτικού συστήματος έχει προσαρμοσμένο στο τελικό του άκρο ένα μηχανικό εξάρτημα κατάλληλα σχεδιασμένο για την εκτέλεση της εργασίας για την οποία έχει προγραμματιστεί το συγκεκριμένο σύστημα. Έτσι, ένα εργαλείο δράσης μπορεί να ποικίλλει από μία αρπάγη για τη μεταφορά αντικειμένων, έναν βιομηχανικό συγκολλητή μετάλλων μέχρι ένα λεπτό χειρουργικό εργαλείο.

1.1.2 Ο Ελεγκτής του ρομπότ

Ο ελεγκτής είναι η ηλεκτρονική εκείνη μονάδα που μας δίνει τη δυνατότητα να προγραμματίσουμε το ρομπότ και η οποία στη συνέχεια ελέγχει την κίνησή του καθόλη τη διάρκεια εκτέλεσης της εργασίας του. Ο ελεγκτής αποτελείται από:

- Ηλεκτρονικά (Hardware): Στη συνηθέστερη περίπτωση περιλαμβάνουν έναν υπολογιστή, στον οποίο αποθηκεύεται το πρόγραμμα που θα εκτελεστεί, τα ηλεκτρονικά επικοινωνίας μεταξύ του ελεγκτή, του μηχανικού μέρους και του εξωτερικού περιβάλλοντος του ρομποτικού συστήματος (interface), και τους ενισχυτές ισχύος που ενισχύουν τα σήματα ελέγχου στο επίπεδο που απαιτείται ώστε οι κινητήρες να κινούν τις αρθρώσεις.
- Λογισμικό (Software): Το λογισμικό είναι υπεύθυνο κυρίως για τη δημιουργία των κατάλληλων σημάτων ελέγχου, σύμφωνα με κάποιον αλγόριθμο, λαμβάνοντας υπ' όψιν διάφορες μεταβλητές όπως π.χ. το φορτίο, τη θέση και την ταχύτητα του ρομπότ. Το λογισμικό μπορεί να περιλαμβάνει επίσης και διάφορα βοηθητικά προγράμματα για τον προγραμματισμό του ρομπότ, τον έλεγχο της λειτουργίας του και την ενημέρωση του χρήστη με διαγνωστικά μηνύματα.

1.1.3 Οι βαθμοί ελευθερίας

Σύμφωνα με τον ορισμό, βαθμός ελευθερίας (Degree Of Freedom-DOF) ονομάζεται ο αριθμός των ανεξάρτητων παραμέτρων που προσδιορίζουν τη θέση ενός σώματος στο χώρο (εικ. 8). Οι βαθμοί ελευθερίας αποτελούν βασικό χαρακτηριστικό μέγεθος κάθε ρομποτικού βραχίονα και κατ' επέκταση του ρομποτικού συστήματος. Σε γενικές γραμμές οι βαθμοί

αυτοί δηλώνουν πόσο ευκίνητο είναι ένα ρομπότ στο χώρο. Κάθε ανεξάρτητη κινούμενη άρθρωση προσθέτει συνήθως έναν βαθμό ελευθερίας στο ρομπότ.

Για να περιγράψουμε τη θέση ενός στερεού σώματος στο χώρο με ακρίβεια χρειάζονται συνολικά έξι μεταβλητές, τρεις για τη θέση του και άλλες τρεις για τον προσανατολισμό του. Συνεπώς, σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, για την κίνηση ενός ρομποτικού συστήματος οπουδήποτε μέσα στον χώρο και με οποιονδήποτε προσανατολισμό πρέπει αυτό να διαθέτει τουλάχιστον έξι βαθμούς ελευθερίας. Στα βιομηχανικά ρομπότ σπάνια συναντάμε περισσότερους από έξι βαθμούς, αφού ναι μεν θα βελτιωνόταν η ευελιξία τους αλλά θα γινόταν πιο περίπλοκος ο αλγόριθμος ελέγχου τους χωρίς να επεκτείνεται ο χώρος δράσης τους. Ο ανθρώπινος βραχίονας υπολογίζεται ότι έχει επτά βαθμούς ελευθερίας [ΤΗΛΕΪΑΤΡΙΚΗ].



Εικόνα 8 Βαθμοί ελευθερίας ενός ρομπότ

1.2 Ρομποτική χειρουργική – Χειρουργικά Ρομπότ

Η ρομποτική χειρουργική (Εικόνα 9) είναι μία καινούρια πολύ σημαντική έννοια στο χώρο της ιατρικής και της ρομποτικής. Η εισαγωγή των ρομπότ στα χειρουργεία συνδυάζει την τεχνολογία με την κλινική καινοτομία προκειμένου να αναπτυχθούν νέες χειρουργικές τεχνικές και προσεγγίσεις για τη βελτίωση της ποιότητας και της έκβασης της χειρουργικής. Όσο σπουδαίες κι αν είναι αυτές οι ανακαλύψεις βέβαια, δεν αποτελούν έκπληξη διότι

βασίζονται σε έρευνες των τελευταίων δύο δεκαετιών στον τομέα της ρομποτικής τόσο σε ακαδημαϊκό όσο και σε βιομηχανικό επίπεδο. Ο στόχος της ρομποτικής χειρουργικής είναι να προσφέρει υψηλά επίπεδα επιδεξιότητας και ορατότητας σε ανατομικές δομές που δεν είναι προσβάσιμες και ορατές από τα δάχτυλα και τα μάτια του χειρουργού αντίστοιχα. Οι κλινικές γνώσεις που συσσωρεύονται με τη χρήση αυτών των νέων συστημάτων και η κατανόηση των δυνατοτήτων τους θα οδηγήσει στην ανάπτυξη νέων χειρουργικών ρομποτικών συστημάτων στο μέλλον. Σα χειρουργικά ρομπότ και οι διάφορες μέθοδοι απεικόνισης αποτελούν μέρος ενός ευρύτερου συστήματος πληροφοριών που θα συνεχίσει να εξελίσσεται και να επηρεάζει κάθε πτυχή της χειρουργικής και της υγειονομικής περίθαλψης γενικότερα.



Εικόνα 9 Ρομποτική χειρουργική

Το ρομπότ είναι μία σύνθετη μηχανική κατασκευή που έχει θεωρητικά τη δυνατότητα να εκτελεί κινήσεις αλληλεπιδρώντας σε πραγματικό χρόνο με το περιβάλλον. Στη σχεδιαστική του θεώρηση το ρομπότ είναι εφοδιασμένο με αισθητήρες που συλλέγουν πληροφορίες σχετικά με τη θέση του και την κατάσταση του περιβάλλοντος χώρου, ώστε στη συνέχεια να μπορεί να υπολογίζει με τη βοήθεια του υπολογιστή τις νέες του κινήσεις. Από θεωρητική άποψη, εφόσον αυτό εφοδιαστεί με το κατάλληλο λογισμικό, έχει τη δυνατότητα να εκτελέσει ακόμα και μία χειρουργική επέμβαση.

Το χειρουργικό ρομπότ αποτελεί μία αυτοτροφοδοτούμενη και ελεγχόμενη από υπολογιστή συσκευή ειδικά προγραμματισμένη να βοηθάει στην εστίαση και τον χειρισμό των χειρουργικών οργάνων, επιτρέποντας έτσι στο χειρουργό να εκτελεί πιο περίπλοκες επεμβάσεις. Η πρώτη γενιά χειρουργικών ρομπότ χρησιμοποιείται ήδη σε αρκετά νοσοκομεία σε όλο τον κόσμο. Δεν πρόκειται φυσικά για αυτόνομα ρομπότ που μπορούν να εκτελούν επεμβάσεις μόνα τους, αλλά για μηχανικά βοηθήματα των χειρουργών. Τα ρομποτικά συστήματα που χρησιμοποιούνται σήμερα στη χειρουργική δε

δρουν ανεξάρτητα από αυτούς αλλά ούτε τους αντικαθιστούν. Αποτελούν επέκταση των χειρουργών και είναι απόλυτα καθοδηγούμενα από αυτούς, οπότε και μπορούμε να μιλάμε για μία σχέση τύπου αφέντη-σκλάβου (master-slave) ανάμεσά τους. Κάθε σύστημα αφέντη-σκλάβου αποτελείται από δύο βασικά μέρη, την κονσόλα-αφέντη του χειρουργού και τους ρομποτικούς βραχίονες-σκλάβους, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με τη βοήθεια καλωδίων δεδομένων κι ενός υπολογιστή.

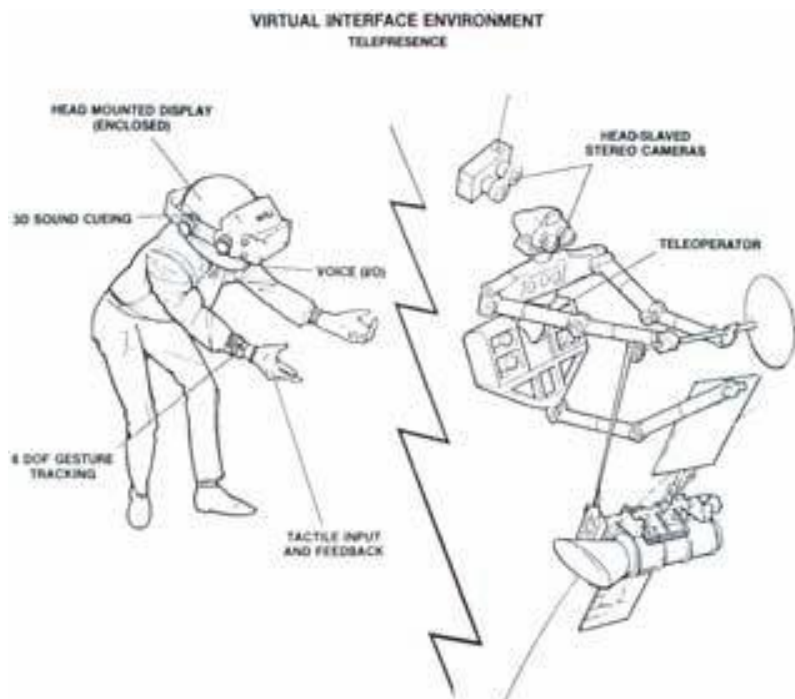
Η κονσόλα αποτελεί ουσιαστικά τη διασύνδεση του χειρουργού με το ρομποτικό σύστημα. Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής υπεισέρχεται ανάμεσα στον ασθενή και το χειρουργό προσφέροντας ανεκτίμητες πληροφορίες στον ιατρό και διευκολύνοντας σημαντικά το έργο του. Μέσω ψηφιακής ανάλυσης, το ρομποτικό σύστημα προσφέρει ακριβέστατη τρισδιάστατη και μεγενθυμένη εικόνα στο χειρουργό και ουσιαστικά καθίσταται αρωγός του ιατρού για το μέγιστο όφελος του ασθενούς.

Οι εντολές που δίνει ο χειρουργός μέσω των μοχλών μεταφέρονται ταυτόχρονα ψηφιακά, και με θαυμαστή ακρίβεια, στους αρθρωτούς χειρουργικούς βραχίονες-σκλάβους του ρομπότ οι οποίοι εκτελούν τις κινήσεις στο πεδίο της εγχείρησης. Οι κινήσεις των βραχιόνων του ρομπότ ελέγχονται εκατό τοις εκατό από τον χειρουργό, ο οποίος πρέπει να είναι ειδικά εκπαιδευμένος στη χρήση του ρομποτικού συστήματος [Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, Ιατρική Σχολή Ε.Κ.Π.Α., 1998].

Η ιστορία της ρομποτικής χειρουργικής αρχίζει ουσιαστικά με τη χρήση του Puma 560, ενός ρομπότ που χρησιμοποιήθηκε από τον Kwoh το 1985 για την καθοδήγηση μίας βελόνας με μεγάλη ακρίβεια κατά τη διάρκεια νευροχειρουργικής βιοψίας με καθοδήγηση CT (computed tomography). Πολλές από τις πρώτες ιδέες όμως γύρω από την εφαρμογή της ρομποτικής τεχνολογίας στο πεδίο των χειρουργικών επεμβάσεων ανήκουν στον Dr. Scott Fisher, ερευνητή στο κέντρο ερευνών Ames της NASA, και τον Joseph Rosen, πλαστικό χειρουργό από το πανεπιστήμιο Stanford, από τα μέσα έως τα τέλη της δεκαετίας του '80. Την εποχή εκείνη, η ομάδα του κέντρου ερευνών Ames εργαζόταν πάνω σε εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας υπό την καθοδήγηση των Dr. Michael McGreevy και Steve Ellis. Ήταν μία συλλογική προσπάθεια για την εξεύρεση ενός τρόπου επίδειξης του τεράστιου όγκου δεδομένων που είχαν συλλεγεί από αποστολές εξερεύνησης της NASA.

Οι Fisher και Rosen αρχικά υιοθέτησαν και στη συνέχεια ολοκλήρωσαν τις νέες αυτές ιδέες της εικονικής πραγματικότητας, εφαρμόζοντάς τες στη χειρουργική ρομποτική. Ανέπτυξαν έτσι ως πρώτο τους σχέδιο τη λεγόμενη χειρουργική επέμβαση με τηλεπαρουσία (telepresence surgery), χρησιμοποιώντας το DataGlove ως μέθοδο μετατόπισης ρομποτικών βραχιόνων από απόσταση. Εξαιτίας όμως της έλλειψης σημαντικής πείρας στον τομέα της ρομποτικής από την ερευνητική ομάδα του Ames, οι Fisher και Rosen απευθύνθηκαν στον Dr. Phil Green, επικεφαλή του τμήματος εμβιομηχανικής στο Ινστιτούτο Ερευνών του Stanford (Stanford Research Institute – SRI), ο οποίος εργαζόταν μαζί με άλλους ειδικούς πάνω στην

τεχνολογία του ανθρώπινου interface και τον αναδυόμενο τομέα της εικονικής πραγματικότητας. Με την εισαγωγή των κλινικών δεδομένων από τον Rosen, αναπτύχθηκε ένας εξαιρετικά επιδέξιος τηλεχειριστής (telemanipulator) με σκοπό την παροχή βοήθειας σε χειρουργικές επεμβάσεις αναστόμωσης αγγείων και νεύρων του χεριού (εικ. 10). Ο σχεδιασμός του interface ήταν τέτοιος που έδινε στο χειρουργό την αίσθηση ότι δρούσε άμεσα πάνω σε ένα αντικείμενο το οποίο βρισκόταν μπροστά στα μάτια του, αλλά το οποίο στην πραγματικότητα βρισκόταν στην άλλη πλευρά του δωματίου.



Εικόνα 10 Το σύστημα τηλεπαρουσίας των Rosen και Fischer

Τη διετία 1988-89 αναπτυσσόταν παράλληλα στο μέτωπο των χειρουργικών επεμβάσεων η επαναστατική μέθοδος της λαπαροσκοπικής χολοκυστεκτομής, που αποτελούσε μία καινούργια προσέγγιση στην καθιερωμένη για πάνω από έναν αιώνα μέθοδο για τη θεραπεία της χολολιθίασης. Ο Jacques Perrisat, MD του πανεπιστημίου Bordeaux στη Γαλλία, παρουσίασε στην ετήσια συνεδρίαση της SAGES (Society of American Gastrointestinal Endoscopic Surgeons) μία βιντεοταινία από μία επέμβαση λαπαροσκοπικής χολοκυστεκτομής. Το τεχνολογικό επίτευγμα που απελευθέρωσε τη λαπαροσκόπηση από τα χέρια του ενός και επέτρεψε τη λειτουργία της χειρουργικής ομάδας ως σύνολο ήταν η εφεύρεση της βιντεοκάμερας λίγο νωρίτερα, το 1986. Έναν χρόνο αργότερα, ο Ph. Mouret ολοκληρώνει την πρώτη λαπαροσκοπική χολοκυστεκτομή κατά τη διάρκεια γυναικολογικής επέμβασης. Η επίδραση της λαπαροσκόπησης στα κύρια ρεύματα της χειρουργικής κοινότητας ήταν σημαντική, γεγονός που οδήγησε σε έκρηξη των επεμβάσεων χολοκυστεκτομής με τη μέθοδο της λαπαροσκοπικής χειρουργικής σε όλη τη Δυτική Ευρώπη και την Αμερική. Μετά τη χολοκυστεκτομή και άλλες επεμβάσεις αρχίζουν να εκτελούνται

σταδιακά με τη μέθοδο της λαπαροσκοπικής χειρουργικής, χάρις κυρίως στη μεγάλη πρόοδο που σημειώνει ο τομέας των ενδοσκοπήσεων και των ιατρικών μηχανημάτων.

Στις αρχές της δεκαετίας του '90, μία ανεξάρτητη προσπάθεια των Dr. Har Paul, DVM και William Barger, MD (ορθοπεδικού χειρουργού) οδήγησε σε συνεργασία με τον Russell Taylor, ερευνητή του κέντρου ερευνών T. J. Watson της IBM, για την ανάπτυξη ενός ρομποτικού συστήματος, βασισμένου στο βραχίονα Puma της IBM, για τη χειρουργική επέμβαση αντικατάστασης ισχίων. Η ρομποτική συσκευή που αναπτύχθηκε ονομάστηκε Robodoc, παρείχε μεγαλύτερη ακρίβεια από την αντίστοιχη χειροκίνητη συσκευή (96 έναντι 75 τοις εκατό) και μετά τις κλινικές δοκιμές έγινε εμπορικό προϊόν. Αργότερα και άλλοι ορθοπεδικοί χειρουργοί αναπτύσσουν και άλλα συστήματα για την αντικατάσταση γόνατος και ισχίων (όπως είναι π.χ. το HipNav από τον Dr. Anthony DiGioia, MD).

Την ίδια χρονική περίοδο στην Ευρώπη δύο διαφορετικές ομάδες προχωρούσαν στην ανάπτυξη των δικών τους πρωτότυπων χειρουργικών ρομποτικών συστημάτων. Ο Sir John Wickham, MD (ουρολόγος) και ο Brian Davies, PhD του Guy's Hospital του Λονδίνου σχεδίασαν ένα σύστημα για την παροχή βοήθειας σε επεμβάσεις διουρηθρικής προστατεκτομής. Το σύστημα αυτό, το οποίο αργότερα ονομάστηκε Probot, ήταν μηχανικά περιορισμένο, καθώς χρησιμοποιούσε έναν ρομποτικό βραχίονα παρόμοιο με το Puma και το Robodoc. Για την ασφάλεια του ασθενούς, εντούτοις, το σύστημα ήταν εξοπλισμένο με ένα μεγάλο μεταλλικό δαχτυλίδι μέσω του οποίου διερχόταν το όργανο οπισθοτομίας, αποτρέποντας έτσι την κίνηση του ρομποτικού βραχίονα έξω από την περιοχή του προστάτη.

Μία δεύτερη προσπάθεια στην Ευρώπη εκείνη την περίοδο προήλθε από τη συνεργασία του Hermann Rinnsland, PhD από το Κέντρο Ερευνών της Καρλσρούης (Forschungszentrum Karlsruhe) με τον Gerhard Buess, MD του πανεπιστημίου του Tübingen στη Γερμανία. Η προσπάθειά τους κατέληξε στην ανάπτυξη του συστήματος ARTEMIS (Advanced Robot and Telemanipulator System for Minimally Invasive Surgery) (εικ. 11), ενός συστήματος παρόμοιου με εκείνο του SRI αλλά και με σημαντικές διαφορές, ειδικά στον τερματικό σταθμό του χειριστή. Το σύστημα αυτό, αν και αποδείχθηκε αρκετά επιδέξιο και αποδοτικό, απείχε αρκετά από την εμπορική εκμετάλλευση εξαιτίας προβλημάτων στη χρηματοδότηση του Κέντρου Ερευνών της Καρλσρούης.



Εικόνα 11 Το ARTEMIS

Όλα τα παραπάνω συστήματα αποτελούσαν την αιχμή του δόρατος στη ρομποτική χειρουργική μέχρι το 1993 περίπου. Τα επόμενα έτη, και έως το 1999, οι στρατιωτικοί της Υπηρεσίας Προηγμένων Προγραμμάτων Έρευνας για την Άμυνα των Η.Π.Α. (Defense Advanced Research Projects Agency - DARPA) άρχισαν να επιδεικνύουν μεγάλο ενδιαφέρον για το σύστημα χειρουργικής με τηλεπαρουσία των Fisher και Rosen. Τον Ιούλιο του 1992, ο Richard Satava, MD και ο Donald Jenkins, PhD του Borden Institute of Walter Reed Army Medical Center κλήθηκαν να αρχίσουν για λογαριασμό της Υπηρεσίας αυτής ένα πρόγραμμα προηγμένων βιοϊατρικών τεχνολογιών με χρήση αισθητήρων, ρομποτικής, τηλεϊατρικής και εικονικής πραγματικότητας. Κατά τη διάρκεια των επόμενων επτά χρόνων χρηματοδοτήθηκε μία πλειονότητα προγραμμάτων πάνω στη χειρουργική με τηλεπαρουσία και τη ρομποτική χειρουργική. Ένας από τους πρωταρχικούς στόχους ήταν να εφαρμοστεί η μέθοδος των Fisher και Rosen στο πεδίο της μάχης, δηλαδή η δυνατότητα παροχής χειρουργικής φροντίδας σε έναν βαριά πληγωμένο στρατιώτη πριν καν ακόμη αυτός μεταφερθεί πίσω στην πλησιέστερη κινητή χειρουργική μονάδα (Mobile Advanced Surgical Hospital – MASH). Οι ρομποτικοί βραχίονες θα τοποθετούνταν πάνω σε ένα κινούμενο όχημα με την ονομασία MEDFAST (Medical Forward Advanced Surgical Treatment). Εάν ένας στρατιώτης πληγωνόταν βαριά ο βοηθός ιατρός θα τον τοποθετούσε στο MEDFAST και ο χειρουργός θα μπορούσε από την τηλεχειρουργική μονάδα πίσω στο MASH να προβεί στις κατάλληλες χειρουργικές ενέργειες ώστε να σταματήσει την αιμορραγία του, πριν χαθεί έτσι πολύτιμος χρόνος κατά τη μεταφορά του στρατιώτη εκεί.

Μία στρατιωτική δοκιμή που διεξήχθη το 1996 υπό τη διεύθυνση του SRI απέδειξε ότι μία τέτοιου είδους επέμβαση θα μπορούσε να εκτελεστεί με επιτυχία ακόμη και σε απόσταση πέντε χιλιομέτρων μακριά, με τη βοήθεια μίας μικροκυματικής ζεύξης μεταξύ της μονάδας MASH και του MEDFAST. Ωστόσο, αν και η επίδειξη στέφθηκε με απόλυτη επιτυχία, το σύστημα δεν έχει τεθεί ακόμα σε εφαρμογή κυρίως λόγω της μεταμόρφωσης του πεδίου μάχης

της δεκαετίας του '90 από συμβατικό, ανοικτό πεδίο σε πεδίο περιορισμένης έκτασης (π.χ. στα όρια μιας αστικής συνοικίας), το οποίο δεν ταιριάζει στη φιλοσοφία του MEDFAST.

Ένας σημαντικός αριθμός από άλλες ρομποτικές χειρουργικές εφαρμογές αναπτυσσόταν την ίδια περίοδο από την DARPA για την εξεύρεση λύσεων σε δύσκολα τεχνικά θέματα, όπως ήταν για παράδειγμα το πρόβλημα της καθυστέρησης του ηλεκτρονικού σήματος ή η αίσθηση της αφής. Με την πάροδο του χρόνου εμφανίστηκαν διάφορες προτάσεις για τη βελτίωση της καθυστέρησης του χρόνου ανατροφοδότησης. Η ομάδα των Kenneth Salisbury, PhD, Mark Raibert, PhD και Robert Playter, PhD, ερευνητών στο εργαστήριο ρομποτικής και τεχνητής νοημοσύνης του MIT, εργαζόταν υπό την καθοδήγηση του Rodney Brooks, PhD πάνω σε ένα σύστημα απτικής (αίσθησης της αφής). Η συλλογική αυτή προσπάθεια κατέληξε στην ανάπτυξη ενός ακριβούς συστήματος ανατροφοδότησης δύναμης (force feedback) που κυκλοφόρησε με την εμπορική ονομασία "The Phantom" και το οποίο καθιερώθηκε τελικά ως βιομηχανικό πρότυπο για την παροχή "αίσθησης" της αφής σε εικονικά περιβάλλοντα [Graschew G, et. Al. 2004].

Το πρώτο ρομποτικό σύστημα που ακολούθησε το δρόμο προς την εμπορευματοποίηση ήταν το Robodoc (1992-1993 περίπου) της εταιρείας Integrated Surgical Systems Ltd. με έδρα το Sacramento στην Καλιφόρνια. Ήταν ένα σύστημα σχεδιασμένο για επεμβάσεις αντικατάστασης ισχίου όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Διακρινόταν για τη μεγάλη του ακρίβεια και την εξαιρετική του απόδοση. Ο Yulun Wang, PhD, αρχικά με χρηματοδότηση πόρων από τη DARPA, ξεκίνησε την ανάπτυξη του AESOP (Automated Endoscopic System for Optimal Positioning) στην τότε νεοϊδρυθείσα εταιρεία του, την Computer Motion Inc. με έδρα τη Santa Barbara στην Καλιφόρνια. Το συγκεκριμένο σύστημα ήταν ένας ρομποτικός βραχίονας που ελεγχόταν μέσω των φωνητικών εντολών του χειρουργού για τον χειρισμό της ενδοσκοπικής κάμερας. Το σύστημα AESOP έχει λάβει την έγκριση της Διεύθυνσης Τροφίμων και Φαρμάκων των Η.Π.Α. (Food and Drug Administration – FDA).

Ενώ οι πωλήσεις του συστήματος AESOP συνεχώς αυξάνονταν, καθώς αυτό γινόταν ολοένα και πιο αποδεκτό από τη χειρουργική κοινότητα, ο Fredrick Moll, MD προέβη στην αγορά των πνευματικών δικαιωμάτων του συστήματος Green Telepresence Surgery του SRI και μαζί με τους Robert Younge και John Freund, MD ίδρυσε την εταιρεία Intuitive Surgical Inc. με έδρα το Sunnyvale στην Καλιφόρνια. Αφού το σύστημα αυτό υποβλήθηκε σε προσεκτικό και εκτεταμένο επανασχεδιασμό κυκλοφόρησε με την εμπορική ονομασία da Vinci Surgical System.

Το σύστημα da Vinci χρησιμοποιεί στερεοσκοπικές εικόνες οι οποίες προβάλλονται ακριβώς πάνω από τα χέρια του χειρουργού, δίνοντάς του έτσι την εντύπωση ότι βρίσκεται επάνω ακριβώς από τον ασθενή. Το da Vinci έγινε το πρώτο ρομποτικό χειρουργικό σύστημα που μπορούσε να χρησιμοποιήσει εργαλεία με έναν επιπρόσθετο βαθμό ελευθερίας. Το σύστημα αυτό έχει λάβει την έγκριση της FDA από το 1997 ενώ η πρώτη

χειρουργική επέμβαση με αυτό πραγματοποιήθηκε τον ίδιο χρόνο στις Βρυξέλλες από τους Jacques Himpens, MD και Guy Cardier, MD.

Μέσα σε έναν χρόνο η εταιρεία Computer Motion Inc. κυκλοφόρησε με τη σειρά της το ρομποτικό σύστημα Zeus. Το σύστημα αυτό είναι παρόμοιο με το da Vinci στο ότι ο χειρουργός χρησιμοποιεί ένα σύστημα τηλεχειριστηρίων για την εκτέλεση της επέμβασης τα οποία βρίσκονται σε έναν σταθμό εργασίας. Επιπλέον, και τα δύο συστήματα διακρίνονται για την εργονομική τους σχεδίαση. Τα όργανα ελέγχου βρίσκονται σε βολική θέση μπροστά από την καρέκλα του χειρουργού ενώ οι λαβές των οργάνων σε τέτοια θέση άξονα ώστε να επιτυγχάνεται ο καλύτερος συντονισμός μεταξύ των χεριών και των ματιών αυτού [Graschew G, et. Al. 2004].

Κεφάλαιο 2^ο Η παρούσα κατάσταση της εφαρμογής της ρομποτικής χειρουργικής

Η εισαγωγή στην κλινική πράξη ρομποτικών βραχιόνων ελεγχόμενων από υπολογιστή που συγκρατούν το λαπαροσκόπιο και υπακούουν πιστά στις εντολές του χειρουργού υποσχέθηκε ικανοποιητική λύση στο πρόβλημα διαχείρισης της λαπαροενδοσκοπικής εικόνας. Οι ρομποτικοί βραχίονες όλων των σημερινών συστημάτων είτε προσαρμόζονται στη ράγα του χειρουργικού τραπέζιου είτε φέρονται επί μίας κινητής βάσης. Ο τρόπος επικοινωνίας του χειρουργού με τον βραχίονα αποτελεί ουσιαστικά τον ακρογωνιαίο λίθο για τη λειτουργική του απόδοση. Η ιδεώδης λειτουργία ενός ρομποτικού βραχίονα που κινεί την λαπαροσκοπική κάμερα θα πρέπει να βασίζεται στην άμεση αντίληψη της εντολής-επιθυμίας του χειρουργού και την σταθερή, ομαλή, ταχεία και ακριβή εκτέλεση της κίνησης.

Η ρομποτική χειρουργική αποτελεί εξέλιξη της ενδοσκοπικής χειρουργικής. Είναι μία ελάχιστα επεμβατική και ελάχιστα τραυματική χειρουργική μέθοδος που θέτει στη διάθεση του χειρουργού εξαιρετικά λεπτά και εύκαμπτα εργαλεία που εκτελούν τις χειρουργικές κινήσεις με πρωτοποριακή ακρίβεια μέσα από μικροσκοπικές τομές στο δέρμα του ασθενούς. Η μέθοδος αυτή ενσωματώνει πολλές από τις εφαρμογές της υποβοηθούμενης από υπολογιστή χειρουργικής. Στη ρομποτική τεχνολογία όμως ο ρόλος του χειρουργού υποβαθμίζεται. Ανάλογα μάλιστα με το βαθμό εμπλοκής του τελευταίου στην επέμβαση, τα σύγχρονα ρομποτικά χειρουργικά συστήματα μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες:

- **Συστήματα ελεγχόμενα από επόπτη (Supervisory-controlled systems):** Η χειρουργική διαδικασία σχεδιάζεται από πριν καθώς ο χειρουργός προσδιορίζει τις κινήσεις τις οποίες καλείται να εκτελέσει το ρομπότ. Το τελευταίο εκτελεί αυτόματα ακριβώς τις ίδιες κινήσεις κατά τη διάρκεια της επέμβασης, ενώ ο ρόλος του χειρουργού περιορίζεται στη γενικότερη επίβλεψη της επέμβασης για την αποφυγή σφαλμάτων.
- **Συστήματα τηλεχειρουργικής (Telesurgical systems):** Οι επεμβάσεις εκτελούνται από απόσταση χάρις στους εξελιγμένους αισθητήρες του συστήματος και την ανατροφοδότηση εικόνας από το χειρουργικό πεδίο σε πραγματικό χρόνο. Με τη βοήθεια ενός χειριστήριου ελέγχου με ανατροφοδότηση δύναμης, ο χειρουργός εκτελεί κινήσεις τις οποίες αντιγράφει και αναπαράγει το ρομποτικό σύστημα. Αυτή η υβριδική τεχνολογία έχει ήδη αρκετές πρακτικές εφαρμογές, με κυριότερο εκπρόσωπο το χειρουργικό σύστημα da Vinci.
- **Συστήματα μοιραζόμενου ελέγχου (Shared-control systems):** Η συγκεκριμένη τεχνολογία απαιτεί τη μεγαλύτερη συμμετοχή του χειρουργού. Στην ουσία πρόκειται για μία τεχνολογία που ακολουθεί τη φιλοσοφία της υποβοηθούμενης από υπολογιστή χειρουργικής. Η επέμβαση εκτελείται κατά κύριο λόγο από τον χειρουργό, ενώ ο ρόλος του ρομπότ περιορίζεται στην παροχή βοήθειας έτσι ώστε οι κινήσεις του χειρουργού να γίνονται πιο ακριβείς. Τα συστήματα αυτά βρίσκονται σε προχωρημένο στάδιο εξέλιξης [Σωτηρίου Δ, Μπουλούτζα Π]

Στην παρούσα φάση ορισμένες εφαρμογές της υποβοηθούμενης από υπολογιστή χειρουργικής έχουν ήδη περάσει στην κλινική πράξη. Οι σπουδαιότερες από αυτές είναι η λαπαροσκοπική τρισδιάστατη όραση και η τρισδιάστατη απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο. Οι τεχνολογίες αυτές βρίσκουν ήδη εφαρμογή τόσο στη λαπαροσκοπική χειρουργική όσο και σε άλλες ιατρικές ειδικότητες. Όσον αφορά τη ρομποτική χειρουργική, η σχετική

τεχνολογία βρίσκεται ακόμη στα σπάργανα. Τα σοβαρότερα εμπόδια που πρέπει να ξεπεραστούν πριν την είσοδο των ρομπότ-χειρουργών στην καθημερινή πράξη είναι η έλλειψη κρίσης από την πλευρά τους και η αδυναμία τους να εκπαιδευτούν για να μάθουν. Πριν χειρουργήσουν τα ρομπότ απαραίτητη είναι και η ανάπτυξη λογισμικού που θα ικανοποιεί τις συνθήκες ασφάλειας αναφορικά με τον κίνδυνο μηχανικής βλάβης ή λανθασμένων ενεργειών. Χωρίς τα παραπάνω το ρομπότ είναι καταδικασμένο να παραμείνει ένας “άνόητος” χειρουργός με περιορισμένο ρόλο [Σωτηρίου Δ]

2.1 Εφαρμογές της ρομποτικής χειρουργικής

Η ρομποτική τεχνολογία έχει βρει μέχρι σήμερα εφαρμογή σε πολλές ειδικότητες της χειρουργικής. Οι πιο συνηθισμένες λαπαροσκοπικές επεμβάσεις που γίνονται στις μέρες μας ρομποτικά, πολλαπλασιάζοντας έτσι τα σημαντικά πλεονεκτήματα που εξασφαλίζει η λαπαροσκοπική χειρουργική για τον ασθενή, συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα ταξινομημένες ανά χειρουργική ειδικότητα [Έργο ΑΣΠΑΣΙΑ, 1999]:

Ειδικότητα	Είδη επεμβάσεων που γίνονται σήμερα ρομποτικά
Γενική χειρουργική	χολοκυστεκτομές, σπληνεκτομές, ηπατεκτομές, παγκρεατεκτομές, δεξιές και αριστερές κολεκτομές, σιγμοειδεκτομές, βουβωνοκήλες, κοιλιοκήλες, σκωληκοειδεκτομές, κοιλιοπερινεϊκές εκτομές, οισοφαγεκτομές, ολικές και μερικές γαστρεκτομές, διόρθωση διαφραγματοκήλης, αποκατάσταση της γαστροοισοφαγικής παλινδρόμησης (θολοπλαστική κατά Nissen), επεμβάσεις κατά της νοσογόνου παχυσαρκίας (βαριατρική), κ.ά
Ουρολογία	ριζικές και μερικές νεφρεκτομές, νεφρεκτομές δότη, νεφρορητηρεκτομές, ριζικές προστατεκτομές, πτελοπλαστικές, αποκατάσταση κισσοσκήλης, αφαίρεση κύστεων νεφρού, λεμφαδένων και λίθων από τον ουρητήρα κ.ά
Γυναικολογία	μερικές και ολικές υστερεκτομές, ινομύωματα, αφαίρεση κακοήθων όγκων μήτρας και τραχήλου, σαλπινγγοωθηκεκτομές, εγχειρήσεις μετάθεσης ωθηκών και αναστόμωσης των σαλπίγγων, ουρογυναικολογικές επεμβάσεις, λεμφαδενικός καθαρισμός κ.ά
Καρδιοχειρουργική	αποκατάσταση μιτροειδούς βαλβίδας, αορτοστεφανιαία παράκαμψη (bypass), καρδιακός επανασυγχρονισμός, αποκατάσταση μεσοκοιλιακής επικοινωνίας, περικαρδιεκτομές, βαλβιδοπλαστικές
Θωρακοχειρουργική	πνευμονεκτομές για πρωτοπαθές καρκίνωμα του πνεύμονα, λοβεκτομές, αφαίρεση θύμου

	αδένα
Αγγειοχειρουργική	αποκατάσταση ανευρύσματος κοιλιακής οαρτής
Παιδιατρική	επεμβάσεις αποκατάστασης της γαστροοισοφαγικής παλινδρόμησης, χολοκυστεκτομές, σαλπινγγοωθηκεκτομές, πνευμοπλαστικές για την απόφραξη της ουρητηροπυελικής συμβολής σε παιδιά, παιδιατρικές καρδιοχειρουργικές επεμβάσεις όπως η αποκατάσταση βατού αρτηριακού πόρου κ.ά
Ορθοπεδική	ολικές αρθροπλαστικές ισχύων, ολικές αντικαταστάσεις γονάτων
Ογκολογία	καρκίνος στο κόλον, όγκοι του οισοφάγου, γαστρικός καρκίνος
Νευροχειρουργική	επεμβάσεις αφαίρεσης ενδοκρανιακών όγκων, αποστημάτων και κύστεων, κρανιακή ακτινοθεραπεία, επεμβάσεις για την αντιμετώπιση της υδροκεφαλίας και της επιληψίας κ.ά.

Πίνακας 1 Σύνοψη επεμβάσεων που εκτελούνται ρομποτικά

2.1.1 Θωρακοχειρουργική – Γενική χειρουργική

Η εφαρμογή της ρομποτικής στη γενική και θωρακική χειρουργική, και ειδικότερα στη γαστρεντερική περιοχή, είναι σχετικά νέα. Μέχρι τώρα, ρομποτικά συστήματα έχουν χρησιμοποιηθεί στην εκτέλεση λαπαροσκοπικών χολοκυστεκτομών, σε εγχειρήσεις για την αντιμετώπιση της γαστροοισοφαγικής παλινδρόμησης και της αχαλασίας του οισοφάγου, τη χειρουργική κατά της νοσογόνου παχυσαρκίας, σε επεμβάσεις στο κόλον και το ορθό, όπως επίσης και σε χειρουργικές επεμβάσεις στη σπλήνα και το πάγκρεας. Το πεδίο της θωρακοχειρουργικής περιλαμβάνει ρομποτικές επεμβάσεις στους πνεύμονες και το θύμο αδένα.

- Χολοκυστεκτομή

Η πρώτη ρομποτικά υποβοηθούμενη χολοκυστεκτομή πραγματοποιήθηκε από τον Hirmpens τον Μάρτιο του 1997 με τη βοήθεια ενός συστήματος MONA, πρόδρομο του ρομποτικού συστήματος da Vinci, και ολοκληρώθηκε σε 82 min. Ο Cadière και οι συνεργάτες του εκτέλεσαν το 2001 συνολικά 48 χολοκυστεκτομές ανάμεσα σε 146 ασθενείς χρησιμοποιώντας το

σύστημα da Vinci. Ο μέσος χρόνος των 35 τελευταίων περιπτώσεων από τις επεμβάσεις αυτές ήταν 70 min. Τέσσερις από τις περιπτώσεις εκτελέστηκαν για οξεία χολοκυστίτιδα, ενώ σε μία περίπτωση απαιτήθηκε μετάγγιση αίματος κατά τη διάρκεια της επέμβασης. Ο μέσος χρόνος νοσηλείας ήταν 2 ημέρες. Η χρήση του ρομποτικού συστήματος παρείχε βελτιωμένη δεξιότητα, ανώτερη εργονομία και αυξημένη κινητικότητα των εργαλείων, ενώ οι χρονικές διάρκειες των επεμβάσεων και της νοσηλείας ήταν μέσα στα αποδεκτά όρια. Ο Marescaux και οι συνεργάτες του πραγματοποίησαν το 2001 μία σειρά από 25 χολοκυστεκτομές με το σύστημα Zeus, οι οποίες περιελάμβαναν 20 συμπτωματικές χολολιθιάσεις, 4 οξείες χολοκυστίτιδες και μία περίπτωση με πολύποδες. Τα αποτελέσματα από τις επεμβάσεις ήταν ικανοποιητικά, ενώ σε μία μόνο περίπτωση χρειάστηκε η εναλλαγή σε ανοικτή χειρουργική. Το Σεπτέμβριο του 2001, και μετά τα πρώτα πειράματα σε χοίρους, ο Marescaux πραγματοποίησε και την πρώτη υπερατλαντική ρομποτική χολοκυστεκτομή σε μία επέμβαση που διήρκεσε 54 min ανάμεσα στη Νέα Υόρκη και το Στρασβούργο (επέμβαση Lindbergh) [Luncă S, et. Al. 2005].

- Διόρθωση γαστροοισοφαγικής παλινδρόμησης

Οι χειρουργικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση της ΓΟΠ είναι δύο, η θολοπλαστική κατά Nissen, ή θολοπλαστική 360^ο, και η θολοπλαστική κατά Touret, ή θολοπλαστική 270^ο. Οι τεχνικές αυτές ανατάσσουν και διορθώνουν τη διαφραγματοκήλη, συγκλείουν με ράμματα τα σκέλη του διαφράγματος και ενδυναμώνουν τη βαλβίδα του ΚΟΣ, τυλίγοντας τον θόλο του στομάχου γύρω από το κατώτερο τμήμα του οισοφάγου. Οι χειρουργοί πραγματοποιούν 4-5 μικρές τομές 5 mm περίπου στο δέρμα χωρίς να γίνει διατομή μυών [Ξιάρχος Α, 2007].

Οι πρώτες ρομποτικά υποβοηθούμενες επεμβάσεις κατά Nissen πραγματοποιήθηκαν από τον Cadière το 1999. Ο Cadière εκτέλεσε 10 ρομποτικές επεμβάσεις αυτού του είδους με χρήση του συστήματος MONA και 11 επεμβάσεις χρησιμοποιώντας την κλασική λαπαροσκοπική μέθοδο. Η μέση χρονική διάρκεια των ρομποτικών επεμβάσεων ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από την αντίστοιχη των συμβατικών λαπαροσκοπικών μεθόδων (76 έναντι 52 min), ενώ οι μέσοι χρόνοι νοσηλείας και στις δύο περιπτώσεις ήταν παρόμοιοι. Αν και η ρομποτική μέθοδος αποδείχθηκε εφικτή και ασφαλής τεχνική, δεν παρουσίασε σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι της κλασικής λαπαροσκοπικής τεχνικής. Εξαιτίας του περιορισμένου χώρου για την εκτέλεση εκτομών αλλά και της καμπυλότητας της γαστρικής περιοχής, έχουν πραγματοποιηθεί έκτοτε αρκετές ρομποτικές επεμβάσεις για τη διόρθωση της ΓΟΠ, τόσο με θολοπλαστική κατά Nissen όσο και με άλλες τεχνικές.

- Αποκατάσταση αχαλασίας οισοφάγου

Η λαπαροσκοπική χειρουργική αντιμετώπιση της αχαλασίας του οισοφάγου ονομάζεται μυοτομή κατά Heller και σε κάποιες περιπτώσεις συνοδεύεται από λαπαροσκοπική θολοπλαστική κατά Dor (180^ο) ή Touret (270^ο). Με ελάχιστες σε μέγεθος τομές 5 mm εισέρχονται στην κοιλιά το

ενδοσκόπιο και τα διάφορα χειρουργικά εργαλεία. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται μία τομή λίγων εκατοστών στον μυϊκό χιτώνα του οισοφάγου και, εάν κριθεί απαραίτητο, η επέμβαση συνοδεύεται από μία πλαστική του θόλου του στομάχου γύρω από τον κατώτερο οισοφάγο.[19] Σύμφωνα με μία αναφορά που δημοσιεύθηκε το 2004 στο Σικάγο από τον Jacobsen και τους συνεργάτες του σχετικά με την εκτέλεση 35 ρομποτικών μυοτομών κατά Heller, δεν παρουσιάστηκε κατά τη διάρκειά τους απολύτως καμμία διάτρηση, γεγονός που αποδόθηκε στην ενισχυμένη τρισδιάστατη απεικόνιση του μυϊκού συστήματος του οισοφάγου και την ευρεία κλίμακα κινήσεων των εργαλείων EndoWrist του συστήματος da Vinci. Η μέση χρονική διάρκεια των ρομποτικών μυοτομών ήταν σημαντικά μικρότερη από την αντίστοιχη των συμβατικών λαπαροσκοπικών επεμβάσεων.

- Βαριατρική χειρουργική

Το μεγαλύτερο ποσοστό των επεμβάσεων αυτού του είδους γίνεται με συμβατικές λαπαροσκοπικές τεχνικές, ενώ τα τελευταία χρόνια κάποιες από τις εγχειρήσεις βαριατρικής πραγματοποιούνται και ρομποτικά. Αυτές περιλαμβάνουν την τεχνική του ρυθμιζόμενου γαστρικού δακτύλιου (LAP-Band), τη γαστρική παράκαμψη κατά Roux-en-Y (gastric bypass) και την επιμήκη γαστρεκτομή (sleeve gastrectomy).

Ο γαστρικός δακτύλιος αποτελεί πλέον μία από τις πιο διαδεδομένες επεμβάσεις κατά της νοσογόνου παχυσαρκίας. Στην είσοδο του στομάχου και κοντά στον οισοφάγο τοποθετείται ένας ρυθμιζόμενος δακτύλιος από σιλικόνη ο οποίος περιορίζει δραστικά την ποσότητα τροφής που μπορεί να δεχτεί το στομάχι. Ο δακτύλιος είναι συνδεδεμένος με ένα τύμπανο που εμφυτεύεται στο λίπος της κοιλιάς. Από εκεί ο ιατρός μπορεί να ρυθμίζει με εγχύσεις φυσιολογικού ορού τις τάσεις του δακτυλίου ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερη απώλεια σωματικού βάρους. Η μέθοδος πραγματοποιείται λαπαροσκοπικά, είτε με τη συμβατική είτε με τη ρομποτική μέθοδο, μέσα από 4-5 τομές του ενός εκατοστού.

Η αξία του ρομποτικού συστήματος da Vinci για τη βαριατρική χειρουργική έχει αποδειχθεί από επεμβάσεις που έχουν γίνει μέχρι σήμερα, ειδικά σε περιπτώσεις εφαρμογής γαστρικού δακτύλιου ή γαστρικής παράκαμψης. Τα ποσοστά θνησιμότητας σε όλες τις περιπτώσεις ήταν μηδενικά.

Από όλες τις επεμβάσεις για την αντιμετώπιση της νοσογόνου παχυσαρκίας, η γαστρική παράκαμψη Roux-en-Y είναι η πιο συνηθισμένη τεχνική. Χρησιμοποιείται μόνο ένα μικρό τμήμα του στομάχου το οποίο ενώνεται με το έντερο, έτσι ώστε η τροφή να παρακάμπτει ένα σημαντικό κομμάτι της γαστρεντερικής οδού. Με την τεχνική αυτή η φυσιολογία της πέψης και της απορρόφησης της τροφής αλλάζει με αποτέλεσμα τη σημαντική απώλεια σωματικού βάρους.

Η λαπαροσκοπική επέμβαση μπορεί να γίνει και με τη ρομποτική μέθοδο μέσα στα ίδια περίπου χρονικά πλαίσια με την αντίστοιχη συμβατική

τεχνική και με ελάχιστο κίνδυνο νοσηρότητας ή θνησιμότητας για τον ασθενή. Η ρομποτική μέθοδος αποτελεί μία εναλλακτική τεχνική στη δημιουργία της γαστρονησιδοστομίας με το χέρι, της αναστόμωσης δηλαδή στομάχου και νήστιδας (τμήμα του λεπτού εντέρου μετά το δωδεκαδάκτυλο), και προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα στον βariatρικό χειρουργό. Η τρισδιάστατη απεικόνιση του χειρουργικού πεδίου και οι πρόσθετοι βαθμοί ελευθερίας επιτρέπουν στους χειρουργούς να εκτελούν καλύτερες και πιο ακριβείς συρραφές, γεγονός που οδηγεί σε σημαντικά χαμηλότερα ποσοστά γαστρεντερικών διαρροών, ειδικά στην περιοχή της γαστρονησιδοστομίας. Η διάρκεια της νοσηλείας είναι η ίδια, ανεξάρτητα από τη μέθοδο που ακολουθείται.

Από στοιχεία που συγκεντρώθηκαν μέσα σε μία πενταετία από την εκτέλεση επεμβάσεων γαστρικής παράκαμψης Roux-en-Y, προέκυψε ότι η ρομποτική μέθοδος, αν και πιο ακριβή από την αντίστοιχη συμβατική, εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα.

Η λαπαροσκοπική επιμήκης γαστρεκτομή προέκυψε ως επέμβαση για την αντιμετώπιση της παχυσαρκίας πριν από λίγα χρόνια. Πρόκειται για την αφαίρεση ενός μεγάλου τμήματος του στομάχου χωρίς όμως να διαταράσσεται ουσιαστικά η λειτουργία της πέψης και απορρόφησης των θρεπτικών συστατικών. Με την τεχνική αυτή αφαιρείται περίπου το 85% του στομάχου κατά τον επιμήκη άξονα, ενώ οι άκρες του τμήματος που απομένει συρράπτονται με τη βοήθεια εξελιγμένων εργαλείων, σχηματίζοντας με τον τρόπο αυτό έναν στομαχικό σωλήνα σε μορφή μανικιού (sleeve) ή μπανάνας. Και αυτή η επέμβαση πραγματοποιείται ρομποτικά με τη βοήθεια 4-5 τομών του ενός εκατοστού περίπου

- Ρομποτικές επεμβάσεις στο κόλον

Από τότε που ο Weber και οι συνεργάτες του ανακοίνωσαν τις δύο πρώτες κολεκτομές με τη βοήθεια του ρομποτικού συστήματος da Vinci το Μάρτιο του 2001, τα περιστατικά των ρομποτικών κολεκτομών έχουν αυξηθεί. Κλινικές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί κατά καιρούς αποδεικνύουν την εφικτότητα και την ασφάλεια των ρομποτικών κολεκτομών όχι μόνο σε περιπτώσεις καλοήθειας αλλά και σε κακοήθεις ασθένειες.

Η ρομποτική χειρουργική αποτελεί, γενικά, εφικτή και ασφαλή μέθοδο για την εκτέλεση κολεκτομών. Προς το παρόν όμως, δεν οδηγεί σε καλύτερα κλινικά αποτελέσματα από την αντίστοιχη ανοικτή ή συμβατική λαπαροσκοπική μέθοδο. Η ρομποτική τεχνολογία, βέβαια, βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο. Στο μέλλον πρέπει να πραγματοποιηθούν αρκετές ακόμη τεχνολογικές εξελίξεις, όπως είναι η ανατροφοδότηση αφής και η σχεδίαση ενός ειδικού εργαλείου για τον κατάλληλο ελκυσμό ενός πλεονάζοντος κόλου. Επιπλέον, η βελτίωση της εξωσωματικής ελευθερίας του ρομποτικού βραχίονα θα αποτελέσει μελλοντικά σημαντική τεχνολογία για τις επεμβάσεις στο κόλον, καθώς οι συγκρούσεις μεταξύ των βραχιόνων του συστήματος

συμβαίνουν συνήθως επειδή ο ελκυσμός ενός πλεονάζοντος κόλου απαιτεί εξωσωματική κίνηση του ρομποτικού βραχίονα [Baik., 2008].

- Ρομποτικές επεμβάσεις στο ορθό

Η ολική εκτομή μεσοορθού είναι μία τεχνικά απαιτητική διαδικασία και η εξασφάλιση της βέλτιστης θέας του χειρουργικού πεδίου αποτελεί ιδιαίτερη πρόκληση για μία επιτυχημένη επέμβαση κατά του καρκίνου στο ορθό. Υπάρχουν αναφορές που καταδεικνύουν τα πλεονεκτήματα του συστήματος da Vinci σε σύγκριση με την αντίστοιχη συμβατική λαπαροσκοπική μέθοδο, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου το χειρουργικό πεδίο είναι μικρό και είναι απαραίτητες οξείες και ακριβείς τομές [Baik., 2008].

- Θυμεκτομή

Ένας αριθμός τεχνικών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απομάκρυνση του θύμου αδένου. Αυτές περιλαμβάνουν την κλασική θυμεκτομή μέσω του στέρνου, τη θυμεκτομή μέσω του αυχένα, τη θωρακοσκοπική προσέγγιση με τη βοήθεια κινούμενης εικόνας και, πιο πρόσφατα, τη ρομποτική θυμεκτομή με το χειρουργικό σύστημα da Vinci. Για την τελευταία μέθοδο, υπάρχουν ήδη κάποιες αναφορές που επιβεβαιώνουν την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητά της. Μία από αυτές αφορά 33 περιπτώσεις ασθενών, 24 γυναικών και 9 ανδρών με μέση ηλικία τα 41 χρόνια, που υποβλήθηκαν σε ρομποτική θωρακοσκοπική θυμεκτομή για βαρεία μυασθένεια χωρίς θύμωμα. Οι επεμβάσεις πραγματοποιήθηκαν από τον Απρίλιο του 2002 μέχρι και τον Οκτώβριο του 2004 στην Πάδουα της Ιταλίας. Για την εκτέλεση των επεμβάσεων υιοθετήθηκε η αριστερόπλευρη προσέγγιση μέσω 3 μικροτομών, επειδή αυτή παρείχε καλύτερη οπτική επαφή με το χειρουργικό πεδίο και μικρότερη πιθανότητα τραυματισμού των φρενικών νεύρων.

- Άλλες Επεμβάσεις

Μόνο μερικές περιπτώσεις έχουν αναφερθεί για την εκτέλεση χειρουργικών επεμβάσεων στη σπλήνα, το πάγκρεας, τον οισοφάγο και το έντερο με τη βοήθεια ρομποτικού συστήματος, ενώ η χρήση ρομπότ σε ηπατικές επεμβάσεις βρίσκεται υπό αξιολόγηση. Η πρώτη εφαρμογή της ρομποτικής χειρουργικής στο πάγκρεας αφορούσε την εξαίρεση ενός νευροενδοκρινούς όγκου με τη βοήθεια του συστήματος da Vinci από τον Melvin το 2003. Σε μία άλλη περίπτωση, μία σειρά από 8 ασθενείς υποβλήθηκε σε δωδεκαδακτυλοπαγκρεατεκτομή. Κατά τη διάρκεια των επεμβάσεων αυτών, οι ηπατο- και γαστρονησιδοστομίες πραγματοποιήθηκαν ενδοσωματικά με το χέρι. Η έλλειψη απτικής ανάδρασης αποκλείει, τουλάχιστον προς το παρόν, την ασφαλή χρήση των ρομποτικών συστημάτων σε περίπλοκες επεμβάσεις στο πάγκρεας. Μία τέτοια χειρουργική διαδικασία είναι και η επέμβαση Whipple, στην οποία η ψηλάφηση των ιστών για την προσεκτική εκτέλεση τομών στην πυλαία φλέβα είναι απολύτως απαραίτητη [Motttrie, et. al. 2008].

Σε επεμβάσεις σπληνεκτομής, το σύστημα da Vinci βελτιώνει την ικανότητα του χειρουργού να προσδιορίζει την αρχιτεκτονική των αγγείων και να σκιαγραφεί τη θέση της σπλήνας σε σχέση με το πάγκρεας ενώ η ακρίβεια των χειρουργικών εργαλείων EndoWrist διευκολύνει την έκθεση των σπληνικών αγγείων. Σε μία αναφορά τους το 2003, ωστόσο, ο Talamini και οι συνεργάτες του κοινοποίησαν 2 μετατροπές σε ανοικτή χειρουργική μέθοδο που αναγκάστηκαν να κάνουν εξαιτίας των δυσκολιών που συνάντησαν σε 7 ρομποτικές επεμβάσεις, προτείνοντας ότι οι σπληνεκτομές δεν αποτελούν τον ιδανικότερο τομέα για εφαρμογή της ρομποτικής χειρουργικής.

Η ρομποτική χειρουργική στο ήπαρ αποτελεί ένα νέο, αναπτυσσόμενο πεδίο και για το λόγο αυτό δεν υπάρχουν ακόμη αρκετές αναφορές που να τεκμηριώνουν την αποτελεσματικότητά της. Μία σειρά αριστερών τμηματικών εκτομών που πραγματοποιήθηκαν στο ήπαρ 3 ασθενών από το Μάρτιο έως το Μάιο του 2007 στο τμήμα χειρουργικής του Πανεπιστημίου Yonsei στη Σεούλ, κατέδειξε ότι η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελεί εφικτή και ασφαλή τεχνική για ασθενείς με μικρούς κακοήθεις όγκους και καλοήθεις ηπατικές ασθένειες. Η πρώτη από τις περιπτώσεις αυτές αφορούσε ένα ηπατοκυτταρικό καρκίνωμα (HCC), ο δεύτερος ασθενής έπασχε από καρκίνο στο κόλον με μετάσταση στο ήπαρ, ενώ η τρίτη περίπτωση αφορούσε ενδοηπατικές πέτρες. Και οι τρεις επεμβάσεις ολοκληρώθηκαν με επιτυχία και οι ασθενείς ανάρρωσαν χωρίς επιπλοκές. Η διάρκεια νοσηλείας ήταν μικρότερη από τις αντίστοιχες συμβατικές μεθόδους, ενώ οι ασθενείς άρχισαν να λαμβάνουν νωρίτερα τροφή από το στόμα. Εντούτοις, ο πρώτος ασθενής επανεμφάνισε ηπατοκυτταρικό καρκίνωμα τρεις μήνες μετά την επέμβαση [Kumar R, et. al. 2005].

2.1.2 Ουρολογία

- Ριζική προστατεκτομή

Η λαπαροσκοπική ριζική προστατεκτομή είναι μία δύσκολη επέμβαση και σχετίζεται με σημαντική νοσηρότητα, όπως είναι η ακράτεια των ούρων και η στυτική δυσλειτουργία. Έχει κατηγοριοποιηθεί ως μία δύσκολη έως και πολύ δύσκολη χειρουργική τεχνική. Παρότι ένας μεγάλος αριθμός ιατρικών κέντρων στον κόσμο εκτελεί λαπαροσκοπικές ουρολογικές επεμβάσεις, λίγα μόνο από αυτά προσφέρουν τη λαπαροσκοπική ριζική προστατεκτομή ως επέμβαση ρουτίνας. Στα λίγα χρόνια από τότε που αναφέρθηκαν οι πρώτες ρομποτικές ριζικές προστατεκτομές, η διαδικασία αυτή έχει καθιερωθεί ως η μόνη μεγαλύτερη ένδειξη για τη χρήση ρομποτικού συστήματος. Το τελευταίο είναι κατάλληλο για μία τέτοια επέμβαση εξαιτίας του μικρού, και σε βάθος, χώρου εργασίας, της ανάγκης για ακριβή τομή της κορυφής της ουρήθρας, της

διατήρησης της νευροαγγειακής δέσμης και της ανακατασκευής της ουρηθροκυστικής συμβολής.

Η πλειονότητα των αναφορών για ρομποτικές προστατεκτομές προέρχεται από το Ουρολογικό Ινστιτούτο Vattikuti του Νοσοκομείου Henry Ford στο Νητρώιτ των Ηνωμένων Πολιτειών. Ερευνητές στο συγκεκριμένο ινστιτούτο πραγματοποίησαν μετάβαση στη ρομποτική τεχνική ύστερα από μία περίοδο εκπαίδευσης στη λαπαροσκοπική ριζική προστατεκτομή. Από τον Οκτώβριο του 2000, οπότε και ξεκίνησε να εφαρμόζεται το συγκεκριμένο πρόγραμμα ρομποτικών προστατεκτομών, οι ερευνητές του ινστιτούτου συλλέγουν δεδομένα από τα περιστατικά τους. Είναι επίσης αξιοσημείωτο ότι το ινστιτούτο διαθέτει ένα εκτενές πρόγραμμα εκπαίδευσης προσανατολισμένο στις συγκεκριμένες τεχνικές από τον πρώτο κιόλας χρόνο εφαρμογής του προγράμματος.

- Νεφρεκτομή και Νεφρουρητηρεκτομή

Η ρομποτική χειρουργική για την εκτέλεση νεφρικών εκτομών έχει περιγραφεί ως μία χρήσιμη ελάχιστα επεμβατική τεχνική, τόσο για περιστατικά κακοήθειας όσο και για καλοήθεις καταστάσεις. Αν και στα περισσότερα ιατρικά κέντρα σήμερα υιοθετείται συνήθως η συμβατική λαπαροσκοπική προσέγγιση, οι ρομποτικές τεχνικές είναι ελκυστικές για τους χειρουργούς με ελάχιστη λαπαροσκοπική εμπειρία. Αντίθετα, χειρουργοί με ιδιαίτερη ευχέρεια στις βασικές λαπαροσκοπικές ικανότητες δυσκολεύονται να δικαιολογήσουν τη χρήση ενός ρομποτικού συστήματος σε μία χειρουργική διαδικασία που θεωρείται από πολλούς σχετικά πρωτοποριακή (κλασική λαπαροσκόπηση). Οι περισσότεροι περιγραφόμενες τεχνικές καθρεφτίζουν τη συμβατική λαπαροσκοπική προσέγγιση για την εκτομή νεφρού. Επιπλέον, το ρομποτικό σύστημα da Vinci δεν είναι συμβατό με εφαρμοστές κλιπ τεχνολογίας multifire και τις συμβατικές συσκευές εκτέλεσης ενδοαγγειακών συρραφών που απαιτούνται για τις νεφραγγειακές απολινώσεις (περιδέσεις) και διαιρέσεις. Αυτό αποτελεί ένα μειονέκτημα για την εκτέλεση ρομποτικών επεμβάσεων ρουτίνας που αφορούν εκτομές νεφρού [Warren et. Al. 2009, Kim et. Al. 2008].

- Μερική νεφρεκτομή

Τη σύγχρονη εποχή, οι περισσότεροι όγκοι που οδηγούν σε μερικές εκτομές του νεφρού ανακαλύπτονται εντελώς τυχαία, ύστερα από απεικόνιση της κοιλιακής περιοχής (π.χ. ακτινογραφία) για κάποια άσχετη με το νεφρό ένδειξη. Ασθενείς με εξωφυτικές αλλοιώσεις μικρότερες των 4 cm αποτελούν ιδανικούς υποψήφιους για μερική νεφρεκτομή στο επιλεγμένο σημείο. Η τεχνική αυτή δικαιολογείται ακόμη περισσότερο σε ασθενείς με περιορισμένη λειτουργία του ενός νεφρού (βασική νεφρική επάρκεια), οι οποίοι έχουν αυξημένες πιθανότητες να μείνουν μελλοντικά με ένα μόνο νεφρό λόγω επιδείνωσης της κατάστασής τους.

Τα τελευταία χρόνια έχει υπάρξει ένας εκρηκτικός αριθμός αναφορών που περιγράφουν ελάχιστα επεμβατικές, λαπαροσκοπικές τεχνικές για μερική

νεφρεκτομή, συμπεριλαμβανομένων και των ρομποτικών μεθόδων. Η συμβατική λαπαροσκοπική μερική νεφρεκτομή είναι μία τεχνικά προκλητική επέμβαση. Για το λόγο αυτό, έχουν αναζητηθεί στρατηγικές για την απλοποίηση της εκτομής και της επανόρθωσης (reconstruction) με παράλληλο περιορισμό του ισχαιμικού χρόνου. Θεωρητικά, η ενισχυμένη ικανότητα των χειρουργικών εργαλείων EndoWrist να προσαρμόζουν τις γωνίες εκτομής και να διευκολύνουν τις ενδοσωματικές συρραφές έχει καταστήσει τη ρομποτική μερική νεφρεκτομή μία ιδιαίτερα ελκυστική εναλλακτική τεχνική.

- Νεφρεκτομή δότη εν ζωή

Η πιο εκτεταμένη εμπειρία σε ρομποτικές επεμβάσεις εκτομής νεφρού προέρχεται από εγχειρήσεις νεφρεκτομής δότη εν ζωή. Παρόλο που κάποια ιατρικά κέντρα στον κόσμο θεωρούν ακόμη την αντίστοιχη ανοικτή επέμβαση ως τη “χρυσή” καθιερωμένη διαδικασία, η λαπαροσκοπική μέθοδος συνεχίζει να κερδίζει έδαφος. Τα πλεονεκτήματα μίας ελάχιστα επεμβατικής διαδικασίας περιλαμβάνουν μειωμένο μετεγχειρητικό πόνο, μικρότερη διάρκεια νοσηλείας και ταχύτερη επιστροφή του ασθενούς στις καθημερινές του δραστηριότητες. Η ευρεία αποδοχή της τεχνικής αυτής έχει συνεισφέρει σημαντικά στην αύξηση του αριθμού των νεφρεκτομών δότη, βοηθώντας έτσι να μειωθεί το κενό που υπάρχει ανάμεσα στους δότες και τους λήπτες μοσχευμάτων.

Η νεφρεκτομή δότη για μεταμόσχευση νεφρού απαιτεί πιο λεπτές τομές από την απλή νεφρεκτομή και την ελάχιστη δυνατή νοσηρότητα, αφού το μόσχευμα προορίζεται για ένα υγιές, κατά τα άλλα, άτομο. Η τεχνικά απαιτητική φύση της λαπαροσκοπικής μεθόδου κάνει την υιοθέτηση ρομποτικής υποβοήθησης πιο ελκυστική. Υπάρχουν ενδείξεις ότι η ρομποτική μέθοδος είναι ασφαλής και παρέχει κλινικά αποτελέσματα παρόμοια τόσο με την ανοικτή όσο και με άλλες ελάχιστα επεμβατικές τεχνικές.

- Πυελοπλαστική

Η λαπαροσκοπική πυελοπλαστική για την απόφραξη της ουρητηροπυελικής συμβολής έχει γίνει μία καθιερωμένη διαδικασία με ποσοστά επιτυχίας ανάλογα με αυτά της ανοικτής μεθόδου και ελάχιστη νοσηρότητα, διότι είναι λιγότερο επεμβατική. Η τεχνική είναι πολύπλευρη, επιτρέποντας την αντιμετώπιση ασθενών με όλους τους τύπους της παθολογίας π.χ. διασταυρώμενα αγγεία, υψηλή ουρητηρική εισαγωγή και πλεονάζουσα πύελο. Η λαπαροσκοπική πυελοπλαστική απαιτεί σημαντική χειρουργική δεξιότητα εξαιτίας των ακριβών συρραφών. Αυτή η τεχνική δυσκολία είναι ο κύριος λόγος για την περιορισμένη εφαρμογή της. Η ρομποτική τεχνολογία είναι ιδανική για τη μείωση των τεχνικών δυσκολιών σε τέτοιες περιπτώσεις καθώς επιτρέπει μεγαλύτερο βαθμό ελευθερίας στα χειρουργικά εργαλεία και τρισδιάστατη απεικόνιση του χειρουργικού πεδίου.

Υπάρχουν διάφορες αναφορές για την εφαρμογή της ρομποτικής χειρουργικής στην πυελοπλαστική. Οι πρώτες από αυτές αφορούν επεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν αρχικά σε χοίρους και καταδεικνύουν

ότι η συγκεκριμένη διαδικασία αποτελεί εφικτή και ασφαλή χειρουργική μέθοδο, με το σύστημα da Vinci να αποδεικνύεται ανώτερο από το Zeus. Μεταγενέστερες αναφορές για ρομποτικές επεμβάσεις σε ανθρώπους με χρήση του συστήματος da Vinci καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η ρομποτική πυελοπλαστική μέθοδος AndersonHynes απαιτεί μικρότερο χρόνο από την αντίστοιχη συμβατική μέθοδο.

Το μεγαλύτερο αντίκτυπο από τη χρήση του ρομποτικού συστήματος da Vinci σε αυτή την περίπλοκη διαδικασία είναι το γεγονός ότι χειρουργοί με μικρή εμπειρία στη λαπαροσκόπηση παρήγαγαν παρόμοια επιτυχή αποτελέσματα. Υπάρχουν αναφορές που επιβεβαιώνουν τη χρησιμότητα του συστήματος da Vinci σε χειρουργούς με περιορισμένη ή καθόλου λαπαροσκοπική εμπειρία σε επεμβάσεις πυελοπλαστικής.

- Κυστεκτομή

Η ριζική κυστεκτομή είναι η επιλεγόμενη θεραπεία για ασθενείς με καρκίνωμα της ουροδόχου κύστης. Η απομάκρυνση της κύστης απαιτεί την κατασκευή ενός εναλλακτικού συστήματος διοχέτευσης των ούρων. Η πρόοδος που έχει σημειωθεί στη χρήση τμημάτων εντέρου στην ουρολογία έχει οδηγήσει στη δημιουργία εγκρατών ουρητηρικών εκτροπών και ορθότοπων νεοκύστεων, με σκοπό το καλύτερο δυνατό λειτουργικό αποτέλεσμα για τον ασθενή. Η κατασκευή της νεοκύστης απαιτεί σημαντικές χειρουργικές ικανότητες. Προς το παρόν υπάρχουν σχετικά λίγες αναφορές για τέτοιου είδους επεμβάσεις μέσω της κλασικής λαπαροσκόπησης, κυρίως εξαιτίας της ιδιαίτερα μεγάλης χρονικής διάρκειάς τους και της πολυπλοκότητάς τους. Η διαθεσιμότητα των σύγχρονων ρομποτικών συστημάτων και η μεγάλη δεξιότητά τους έχουν καταστήσει πιθανή μία εξ'ολοκλήρου ρομποτική λαπαροσκοπική προσέγγιση σε τέτοιες εγχειρήσεις.

Ο Menon στην αρχική αναφορά του περιγράφει την τεχνική της ρομποτικής κυστεκτομής. Σε αυτούς τους ασθενείς, η εκτροπή πραγματοποιήθηκε εξωσωματικά αλλά η κυστεοεντερική αναστόμωση εκτελέστηκε ρομποτικά ύστερα από επαναδημιουργία του πνευμοπεριτόναιου. Τα χρόνια που ακολούθησαν υπήρξαν περιγραφές ολόκληρων λαπαροσκοπικών επεμβάσεων με τη χρήση ρομπότ. Οι επεμβάσεις κυστεκτομών με ορθότοπες νεοκύστες στις γυναίκες παρουσιάζουν επίσης την πιθανότητα διατήρησης της γονιμότητάς τους. Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι η ρομποτική κυστεκτομή αποτελεί μία τεχνικά εφικτή και αποτελεσματική χειρουργική διαδικασία που μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσα σε αποδεκτά χρονικά όρια. Παρέχει άριστα λειτουργικά και ογκολογικά αποτελέσματα με χαμηλά ποσοστά επιπλοκών.

- Επινεφριδεκτομή

Το επινεφρίδιο είναι ακόμη ένα όργανο με κατάλληλη θέση μέσα στο ανθρώπινο σώμα για εφαρμογή της λαπαροσκοπικής προσέγγισης. Η κλασική ανοικτή χειρουργική απαιτεί μία μεγάλη τομή, παρόλο που οι περισσότεροι όγκοι είναι μικροί. Από την εκτέλεση της πρώτης

λαπαροσκοπικής επινεφριδεκτομής από τον Gagner και τους συνεργάτες του το 1992, υπήρξε μία μετάβαση από την κλασική ανοικτή προς τη λαπαροσκοπική τεχνική. Μικρότεροι χρόνοι παραμονής στο νοσοκομείο, μειωμένα ποσοστά μετεγχειρητικού πόνου και βελτιωμένες αναρρώσεις των ασθενών έχουν αναφερθεί συστηματικά. Αν και δεν υπάρχει σταθερή εμπειρία από ρομποτικές επινεφριδεκτομές ακόμη, οι επεμβάσεις που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα έχουν δείξει ότι η ρομποτική μέθοδος μπορεί να εκτελεστεί με ασφάλεια μέσω υιοθέτησης των ήδη καθιερωμένων λαπαροσκοπικών τεχνικών.

- Διαθερμική πρόσβαση και μεταμόσχευση νεφρού

Η διαδερματική νεφρική χειρουργική για την αντιμετώπιση της νεφρολιθίασης, των ανωμαλιών της ουρητηροπυελικής συμβολής ή των όγκων του ανώτερου συστήματος απαιτεί την ακριβή τοποθέτηση μίας βελόνας μέσα στο σύστημα πυέλου-καλύκων του νεφρού. Αυτή η διαδικασία συνήθως εκτελείται από το χειρουργό ή έναν ακτινολόγο με καθοδήγηση από υπερηχογραφία ή ακτινοσκόπηση και μπορεί να αποδειχτεί δύσκολη σε ασθενείς με ελάχιστη διαστολή. Η πιθανότητα στερεοτακτικής-ρομποτικής υποβοήθησης μέσω διεπαφής (interface) αναφέρθηκε για πρώτη φορά το 1997 (Cadeddu, Bzostek, Schreiner et al.). Η συγκεκριμένη ομάδα κατάφερε να τρυπήσει με επιτυχία τον επιθυμητό νεφρικό κάλυκα σε 10 από τις 12 επεμβάσεις που εκτέλεσε με τη βοήθεια ρομποτικού συστήματος. Την επόμενη χρονιά η ίδια ομάδα έδωσε την περιγραφή του ρομποτικού της συστήματος PAKY, με το οποίο κατάφερε να εισάγει μία βελόνα τόσο σε ένα in-vitro μοντέλο χοίρου όσο και σε ασθενείς με τη βοήθεια καθοδήγησης από ακτινοσκόπηση. Η συσκευή αποδείχτηκε επιτυχημένη σε κάθε της προσπάθεια με έναν μέσο χρόνο πρόσβασης 8.2 min. Αν και αυτή η προσέγγιση υπόσχεται αρκετά, δεν υπάρχουν αναφορές για την ενσωμάτωσή της σε ένα κανονικό κλινικό πρόγραμμα.



Εικόνα 12 Το σύστημα PAKY

Το 2002, ο Hoznek και οι συνεργάτες του κατάφεραν να εκτελέσουν επιτυχώς μία μεταμόσχευση νεφρού από ένα πτώμα σε έναν 26χρονο ασθενή που ήταν αναγκασμένος να κάνει αιμοκάθαρση για 11 συνεχή χρόνια. Η επέμβαση πραγματοποιήθηκε με το χειρουργικό σύστημα da Vinci, μακριά από το χειρουργικό τραπέζι, και η χρονική της διάρκεια ήταν 178 min. Η συγκεκριμένη ομάδα θεωρεί ότι, πέρα από την αυξημένη δεξιότητα του συστήματος στην εκτέλεση αγγειακών αναστομώνσεων, αυτού του είδους η τηλερομποτική χειρουργική μπορεί να βοηθήσει στην πρόληψη μολύνσεων μεταξύ ασθενούς και δότη.

2.1.3 Παιδιατρική

Η βασική εφαρμογή της ρομποτικής χειρουργικής στην παιδιατρική αφορά τη διόρθωση συγγενών ανωμαλιών. Οι περισσότερες περιπτώσεις απόφραξης της ουρητηροπυελικής συμβολής διαγνώνονται στη βρεφική ή παιδική ηλικία και διορθώνονται τα πρώτα χρόνια της ζωής. Το 2004 μία αξιολόγηση σε 18 από 22 περιπτώσεις πυελοπλαστικής κατέληξε σε καλά κλινικά αποτελέσματα για 17 από αυτές. Ένας ασθενής εμφάνισε συμπτώματα εντερικής απόφραξης (ειλεό) που προκλήθηκε από διαφυγή ούρων και απαιτήθηκε η προσωρινή χρήση ενός καθετήρα νεφροστομίας, ενώ σε μία άλλη περίπτωση απαιτήθηκε η επανάληψη μίας ρομποτικής πυελοπλαστικής καθώς στην αρχική επέμβαση είχε διαφύγει ένα διασταυρωμένο αγγείο (Peters, 2004).

Μία άλλη εφαρμογή σε αυτή την ηλικιακή ομάδα είναι η θεραπεία της κυστεοουρητηρικής παλινδρόμησης. Δύο είναι οι συνήθεις τεχνικές που

χρησιμοποιούνται σε ρομποτικές επεμβάσεις. Η πρώτη περιλαμβάνει μία εξωκουστική επανόρθωση με χρήση της τεχνικής Lich-Gregoir για τη δημιουργία μίας σήραγγας εξωστήρα για τον ουρητήρα. Μέσω τριών θυρών (ports) πραγματοποιείται μία τομή στον εξωστήρα μυ, η οποία ακολουθείται από επαναπροσέγγιση του ένθετου ουρητήρα. Η συγκεκριμένη τεχνική χρησιμοποιήθηκε από τον Peters σε 19 περιπτώσεις με ικανοποιητικά αποτελέσματα και προοδευτικά μικρότερους εγχειρητικούς χρόνους .

Ο Olsen και οι συνεργάτες του περιέγραψαν ένα πειραματικό μοντέλο ενδοκουστικής επανόρθωσης αμφοτερόπλευρης παλινδρόμησης με χρήση της τεχνικής Cohen για επανεμφύτευση. Οι ρομποτικές θύρες τοποθετούνται στην ουροδόχο κύστη διαμέσου της κοιλίας ύστερα από διάταση με αλατούχο διάλυμα. Η ουροδόχος κύστη κρατείται σε διάταση με εμφύσηση αερίου ενώ η επέμβαση ολοκληρώνεται. Ο Peters αναφέρει τη χρήση της συγκεκριμένης τεχνικής σε κάποιους από τους ασθενείς του χωρίς να περιγράφει τα κλινικά αποτελέσματα και τις λεπτομέρειες των επεμβάσεων (Peters, 2004).

Μία αναφορά ανασκόπησης που πραγματοποιήθηκε στο τμήμα Παιδιατρικής Χειρουργικής του Νοσοκομείου Chelsea and Westminster στο Λονδίνο, βασίστηκε σε όλες τις μελέτες και τα δεδομένα που είχαν δημοσιευτεί μέχρι τον Οκτώβριο του 2007 για ρομποτικές επεμβάσεις σε παιδιά. Συνολικά συγκεντρώθηκαν 31 μελέτες που αφορούσαν 566 ασθενείς, από τους οποίους 513 εγχειρίστηκαν με ρομποτική μέθοδο και οι υπόλοιποι 53 είτε με την ανοικτή είτε με τη συμβατική λαπαροσκοπική τεχνική. Το πιο κοινό ρομποτικό σύστημα ήταν το da Vinci (23 μελέτες), ενώ ακολουθούσε το Zeus (4 μελέτες). Η μέση ηλικία των παιδιών ήταν τα 8.3 χρόνια. Οι πιο συνηθισμένες ρομποτικές επεμβάσεις ήταν η πυελοπλαστική (141 περιπτώσεις), η θολοπλαστική (122 περιπτώσεις) και η απολίνωση ανοικτού αρτηριακού πόρου (50 περιπτώσεις).

Η αναφορά καταλήγει στο συμπέρασμα ότι οι ρομποτικές επεμβάσεις πυελοπλαστικής και θολοπλαστικής έχουν καθιερωθεί στην παιδιατρική χειρουργική πρακτική. Τα αρχικά αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά, με μειωμένους χρόνους επεμβάσεων για χειρουργούς με μεγαλύτερη εμπειρία. Σχεδόν όλες οι ρομποτικές παιδιατρικές επεμβάσεις ολοκληρώθηκαν επιτυχώς, με ένα μικρό ποσοστό επιπλοκών και μετατροπών σε άλλη μέθοδο. Η ρομποτική χειρουργική αυξάνει τη δεξιότητα, παρέχει μεγαλύτερη ακρίβεια στην εκτέλεση τομών και συρραφών και εξασφαλίζει το βέλτιστο συντονισμό ματιού-χεριού του χειρουργού. Ωστόσο, το αρχικό κόστος του ρομποτικού συστήματος da Vinci παραμένει ένα σημαντικό ζήτημα.

2.1.4 Γυναικολογία

- Υστερεκτομή

Υστερεκτομή, η μερική ή ολική εξαίρεση δηλαδή της μήτρας από την κοιλιακή ή την κολπική οδό, είναι η πιο κοινή χειρουργική επέμβαση στις Η.Π.Α. που δεν σχετίζεται με εγκυμοσύνη. Περίπου 600.000 υστερεκτομές εκτελούνται κάθε χρόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες και αφορούν κυρίως σε περιστατικά καλοήθειας. Η λαπαροσκοπική υστερεκτομή αναφέρθηκε για πρώτη φορά περισσότερα από 15 χρόνια πριν, και έκτοτε έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές χειρουργικές επεμβάσεις που περιλαμβάνουν κολπική υστερεκτομή, υπεραυχενική υστερεκτομή και ολική υστερεκτομή με λαπαροσκοπική μέθοδο. Εντούτοις, η ιστορία της ρομποτικής υστερεκτομής είναι σύντομη, καθώς η τεχνική αυτή ακόμη αναπτύσσεται. Οι πρώτες σειρές ρομποτικών επεμβάσεων αυτού του είδους εκτελέστηκαν μεταξύ Ιανουαρίου και Σεπτεμβρίου του 2001 με το σύστημα da Vinci και περιελάμβαναν 11 περιπτώσεις επιτυχών ρομποτικών υστερεκτομών. Η ηλικία των ασθενών κυμαινόταν από 27 έως 77 χρόνια και οι ενδείξεις για υστερεκτομή περιελάμβαναν αυχενική ενδοεπιθηλιακή νεοπλασία τύπου III, ενδομήτριο καρκίνο, μύωμα της μήτρας, μετεμμηνοπαυσιακή αιμορραγία και σε μία περίπτωση καρκίνο των ωοθηκών. Οι ασθενείς επέστρεψαν στο σπίτι τους σε ικανοποιητική κατάσταση μετά από 2 ημέρες κατά μέσον όρο [Piquion et. A.; 2009].

- Μυωμεκτομή

Η μυωμεκτομή παραμένει η χειρουργική επιλογή για γυναίκες με συμπτωματικά λειομύωματα, οι οποίες επιθυμούν διατήρηση της μήτρας ή, ειδικότερα, διασφάλιση της μελλοντικής γονιμότητας. Η εκπυρήνιση των λειομυωμάτων και η επανόρθωση της μήτρας με πολυεπίπεδες συρραφές είναι μία κρίσιμη και τεχνικά απαιτητική διαδικασία. Η χρήση της ρομποτικής τεχνολογίας ως λύση για τη διευκόλυνση της ολοκλήρωσης μίας μυωμεκτομής λαπαροσκοπικά υιοθετήθηκε σχετικά πρόσφατα.

Δημοσιευμένα προκαταρκτικά δεδομένα έχουν αποδείξει την εφικτότητα και την ασφάλεια της προσέγγισης αυτής με το ρομποτικό σύστημα da Vinci :

Το 2004 αναφέρθηκαν 35 περιπτώσεις ρομποτικών μυωμεκτομών, από τις οποίες οι 3 μετατράπηκαν τελικά σε λαπαροτομία (ποσοστό μετατροπών 8.6%). Συνολικά αφαιρέθηκαν 48 μύωματα σε 31 ασθενείς με πλήρεις ρομποτικές λαπαροσκοπικές επεμβάσεις. Η μέση διάμετρος των μυωμάτων που αφαιρέθηκαν ήταν 7.9 ± 3.5 cm, ενώ η μέση χρονική διάρκεια των επεμβάσεων 230.8 ± 83 min. Το ποσοστό των επιπλοκών ήταν επίσης σχετικά χαμηλό, ενώ ο μέσος χρόνος νοσηλείας μία μόλις ημέρα (Advincula et al., 2004).

Μεταξύ Ιουλίου 2005 και Απριλίου 2008, 110 ασθενείς με ενδείξεις καλοήθειας υποβλήθηκαν σε ρομποτικές γυναικολογικές επεμβάσεις με το σύστημα da Vinci στο Γενικό Νοσοκομείο του Rochester στις Η.Π.Α. Οι επεμβάσεις περιελάμβαναν 74 υστερεκτομές (και υστερεκτομές με

αμφοτερόπλευρη σαλπινγγοωθηκεκτομή), 15 υστερεκτομές με ιεροκολποπηξία και άλλες συνακόλουθες διαδικασίες, 18 μυωμεκτομές και 3 ωθηκεκτομές. Όλες οι διαδικασίες εκτελέστηκαν ρομποτικά, χωρίς να υπάρξει ανάγκη μετατροπής σε ανοικτή επέμβαση. Η μέση ηλικία των ασθενών ήταν τα 44 χρόνια και ο μέσος δείκτης μάζας σώματος αυτών 31 Kg/m². Η μέση χρονική διάρκεια των επεμβάσεων ήταν 2.15 ώρες και η μέση εκτιμώμενη απώλεια αίματος 160 ml. Το μέσος βάρος των μητρών που υπέστησαν εκτομή ήταν 143 gr και των μυωμάτων 317 gr. Οι επιπλοκές περιελάμβαναν μία κυστοτομία σε μία ασθενή με τρεις προηγούμενες καισαρικές τομές, η οποία διαγνώστηκε αμέσως και αποκαταστάθηκε, μία διάνοιξη κολπικού θόλου και δύο ανεξάρτητες από τη χρήση του ρομποτικού συστήματος μετεγχειρητικές μολύνσεις. Ο μέσος χρόνος νοσηλείας ήταν μία ημέρα, ενώ περισσότερες από τις μισές ασθενείς έλαβαν εξιτήριο μέσα στο πρώτο 24ωρο μετά την επέμβαση.

Η αναφορά καταλήγει στο συμπέρασμα ότι με τη ρομποτική μέθοδο επιτυγχάνονται καλύτερες και πιο εύκολες ενδοσωματικές συρραφές απ'ότι με την αντίστοιχη ανοικτή ή συμβατική λαπαροσκοπική τεχνική. Η αναδόμηση (σύγκλειση) του τμήματος του κολπικού θόλου που παραμένει ανοικτό προς το περιτόναιο στο τέλος μίας υστερεκτομής μπορεί να εκτελεστεί αποτελεσματικά από την κουρασμένη χειρουργική ομάδα χάρις στα εργαλεία EndoWrist του συστήματος da Vinci. Η βελτιωμένη εμπειρία από τη χρήση του ρομποτικού συστήματος οδηγεί επίσης σε ταχύτερους εγχειρητικούς χρόνους απ'ότι η συμβατική λαπαροσκοπική μέθοδος.

- Άλλες εφαρμογές

Παρόλο που το μεγαλύτερο μέρος της βιβλιογραφίας για τις εφαρμογές της ρομποτικής στο πεδίο της γυναικολογίας αφορά στις υστερεκτομές, υπάρχουν επίσης αναφορές για χρήση του ρομποτικού συστήματος da Vinci σε επαναστομώσεις σαλπίνγων (δηλ. επεμβάσεις αποκατάστασης της συνέχειάς τους) και επεμβάσεις ιεροκολποπηξίας.

Τόσο ο Degueldre το 2000, όσο και ο Dharja το 2004, πραγματοποίησαν με τους συνεργάτες τους μελέτες εφικτότητας στην περιοχή της επαναστόμωσης σαλπίνγων. Στην πρώτη σειρά επεμβάσεων, 8 συνολικά ασθενείς υπέστησαν επαναστόμωση σαλπίνγων με το da Vinci. Μετά από τέσσερις μήνες, 5 από τους 8 ασθενείς επέδειξαν τουλάχιστον μονόπλευρη αποκατάσταση του προβλήματος, ενώ σε 2 επιτεύχθηκε κατάσταση εγκυμοσύνης. Στη δεύτερη περίπτωση, 18 ρομποτικές επεμβάσεις επαναστόμωσης σαλπίνγων με το ίδιο σύστημα συγκρίθηκαν με 10 περιπτώσεις που υποβλήθηκαν στην αντίστοιχη ανοικτή επέμβαση. Τα αποτελέσματα από τις δύο σειρές επεμβάσεων ήταν συγκρίσιμα, όχι μόνο ως προς τα ποσοστά επιτυχίας αλλά και ως προς τα κόστη που πρόεκυψαν από την προκαταρκτική ανάλυση κόστους-αποτελεσματικότητας.

Περισσότερα από 120.000 περιστατικά πρόπτωσης της μήτρας και του κολπικού θόλου αντιμετωπίζονται χειρουργικά κάθε χρόνο στις Η.Π.Α. Η πρόπτωση ενός οργάνου του πυελικού εδάφους (μήτρας, κόλπου, ουροδόχου κύστης ή ορθού) συμβαίνει όταν οι συνδετικοί ιστοί ή μύες αδυνατούν να κρατήσουν την πύελο στο φυσικό της προσανατολισμό. Η εξασθένηση των συνδετικών ιστών επιταχύνεται με την ηλικία, ύστερα από μία γέννα, με την αύξηση του σωματικού βάρους και την εντατική φυσική κόπωση. Γυναίκες με πρόπτωση πυελικού οργάνου τυπικά έχουν προβλήματα ακράτειας ούρων, κοιλιακής έλκωσης, σεξουαλικής δυσλειτουργίας και μετακίνησης εντέρου.

Η ιεροκολποπηξία (sacrocolporhexy) είναι μία χειρουργική διαδικασία για τη διόρθωση της πρόπτωσης του κολπικού θόλου, κατά την οποία τοποθετείται ένα συνθετικό πλέγμα για τη συγκράτηση αυτού στη σωστή ανατομική θέση. Η διαδικασία αυτή μπορεί επίσης να εκτελεστεί μετά από μία υστερεκτομή για να παρέχει μακροπρόθεσμη υποστήριξη του κολπικού θόλου. Ο DiMacro και οι συνεργάτες του περιέγραψαν το 2004 τη χρήση και τα οφέλη της ρομποτικής λαπαροσκοπικής ιεροκολποπηξίας στη θεραπεία 5 ασθενών με πρόπτωση του κολπικού θόλου μετά από επέμβαση υστερεκτομής στην οποία είχαν υποβληθεί. Χρησιμοποίησαν το σύστημα da Vinci για να συρράψουν με ακρίβεια το πλέγμα στο ανώτερο τμήμα του ιερού οστού. Η ανάλυσή τους καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η ρομποτική τεχνική δύναται να εξασφαλίσει την ίδια μακροπρόθεσμη διάρκεια της αντίστοιχης ανοικτής μεθόδου, αλλά με τα οφέλη της ελάχιστα επεμβατικής προσέγγισης.

Έχει επίσης υπάρξει αναφορά για τα οφέλη από τη χρήση του da Vinci σε μία χειρουργική επέμβαση μετατόπισης των ωοθηκών, με σκοπό τη διατήρηση της λειτουργίας τους, πριν από μία διαδικασία ραδιοθεραπείας για την αντιμετώπιση περιστατικού κακοήθειας (Molrus et al., 2003).

2.1.5 Καρδιοχειρουργική

Την τελευταία δεκαπενταετία περίπου το πεδίο της καρδιοχειρουργικής έχει επηρεαστεί από ένα σημαντικό αριθμό τεχνολογικών εξελίξεων. Η πιο αξιοσημείωτη από αυτές ήταν η ανάπτυξη των ελάχιστα επεμβατικών τεχνικών, που περιλαμβάνουν την τεχνική MIDCAB, τη στεφανιαία παράκαμψη χωρίς αντλία (OPCAB) και τη χειρουργική βαλβίδων ελάχιστης πρόσβασης. Κατά τη διάρκεια των πρώτων χρόνων εφαρμογής της ελάχιστα επεμβατικής καρδιοχειρουργικής η απουσία των κατάλληλων τεχνολογιών πρόσβασης, όπως τα συστήματα απεικόνισης, οι σταθεροποιητές και οι εναλλακτικές μέθοδοι αγγειακής παροχέτευσης και καρδιοπνευμονικής παράκαμψης, αποτελούσε ανασταλτικό παράγοντα για την εκτέλεση επεμβάσεων μέσω μικρών τομών. Με την εξέλιξη αυτών των τεχνολογιών, οι χειρουργοί απέκτησαν την ικανότητα να εκτελούν πολύπλοκες καρδιακές επεμβάσεις, όπως είναι η παράκαμψη της στεφανιαίας αρτηρίας (bypass), η

αποκατάσταση ή αντικατάσταση της μιτροειδούς βαλβίδας και η διόρθωση του κολπικού διαφραγματικού ελλείματος.

Σε πολλές περιπτώσεις, εντούτοις, η έκταση κατά την οποία έχει μειωθεί το μέγεθος των τομών στο σώμα του ασθενούς από αυτές τις ελάχιστα επεμβατικές τεχνικές έχει οδηγήσει σε μία ανάλογη αύξηση στις τεχνικές δυσκολίες και τους εγχειρητικούς χρόνους, εξαιτίας των περιορισμών που θέτει η μικρότερη έκθεση της καρδιάς στο χειρουργό. Πρόσφατα, η ρομποτική τεχνολογία έχει εξελιχθεί ως ένας δυναμικός παράγοντας για τη διευκόλυνση διαδικασιών ελάχιστης εισβολής. Η συγκεκριμένη τεχνολογία χρησιμοποιήθηκε αρχικά για τη βελτιστοποίηση της απεικόνισης των ενδοκαρδιακών δομών με τη βοήθεια μίας ελεγχόμενης από φωνητικές εντολές ενδοσκοπικής κάμερας (AESOP). Τα τελευταία χρόνια, τα πιο σύγχρονα ρομποτικά συστήματα (Zeus, da Vinci) έχουν επιτρέψει το χειρισμό των χειρουργικών εργαλείων μέσω περιορισμένων σε μέγεθος θωρακικών τομών.

Η μιτροειδής είναι μία “δίφυλλη” βαλβίδα της καρδιάς μεταξύ αριστερού κόλπου και αριστερής κοιλίας. Κατά τη συστολή της καρδιάς η μιτροειδής βαλβίδα κλείνει, ενώ στη διαστολή ανοίγει. Εάν από κάποια αιτία το στόμιο της βαλβίδας δεν κλείνει στεγανά, τότε αίμα παλινδρομεί από την αριστερή κοιλία πίσω στον αριστερό κόλπο και η κατάσταση αυτή ονομάζεται ανεπάρκεια μιτροειδούς. Όταν η τελευταία είναι σοβαρή ακολουθείται χειρουργική προσέγγιση κατά την οποία γίνεται αποκατάσταση ή αντικατάσταση της βαλβίδας.

Οι επεμβάσεις μιτροειδούς αποτελούσαν ανέκαθεν μία από τις πιο σημαντικές κατηγορίες των σύγχρονων εγχειρήσεων καρδιάς. Μέχρι πριν από λίγα χρόνια, ο μόνος τρόπος για την αποκατάσταση (ή αντικατάσταση) μίας καρδιακής βαλβίδας ήταν μέσω θωρακοτομής με παράλληλη μηχανική οξυγόνωση του ασθενούς. Βελτιώσεις τόσο στην οπτική απεικόνιση όσο και στα χειρουργικά εργαλεία έχουν επιτρέψει την ταχεία μετάβαση προς τις υποβοηθούμενες από εικόνα επεμβάσεις μιτροειδούς.

Εντούτοις, οι επεμβάσεις αποκατάστασης των βαλβίδων είναι πολύ δύσκολες και συνήθως οδηγούν σε χειρουργικές ανακρίβειες και μη αποδεκτούς εγχειρητικούς χρόνους. Η ανάπτυξη σύγχρονων ρομποτικών συστημάτων, όπως είναι το da Vinci, έδωσε για πρώτη φορά τη δυνατότητα εκτέλεσης καρδιακών επεμβάσεων με κλειστό θώρακα και μεγάλη ακρίβεια, καθιστώντας πλέον τις διαδικασίες αποκατάστασης μιτροειδούς εγχειρήσεις ρουτίνας.

Μεταξύ Μαΐου 2000 και Δεκεμβρίου 2001 πραγματοποιήθηκαν σε 38 ασθενείς επεμβάσεις αποκατάστασης της μιτροειδούς βαλβίδας με το σύστημα da Vinci ως μέρος κλινικών δοκιμών της FDA. Οι τεχνικές των επεμβάσεων περιελάμβαναν περιφερειακή καρδιοπνευμονική έγχυση, μία μικρή θωρακοτομή 4 έως 5 cm, διαθωρακική αορτική απόφραξη και ορθόδρομη καρδιοπληγία. Η ενισχυμένη τρισδιάστατη απεικόνιση των

“φύλλων” της μιτροειδούς βαλβίδας επέτρεψε τον ακριβή και ασφαλή χειρισμό των ενδοκαρδιακών ιστών. Όλες οι επεμβάσεις κρίθηκαν επιτυχημένες, με μηδενικό ποσοστό θνησιμότητας. Μόνο σε μία περίπτωση ζητήθηκε η αντικατάσταση της βαλβίδας λόγω αιμόλυσης, ενώ ένας άλλος ασθενής επανεξετάστηκε για αιμορραγία. Τόσο η διάρκεια των αποκαταστάσεων των βαλβίδων όσο και η συνολική χρονική διάρκεια των επεμβάσεων μειώθηκαν σημαντικά από 1.9 ± 0.1 και 5.1 ± 0.1 h για τους πρώτους 19 ασθενείς σε 1.5 ± 0.1 και 4.4 ± 0.1 h για τους υπόλοιπους 19 ασθενείς αντίστοιχα. Ο μέσος χρόνος νοσηλείας των ασθενών ήταν 3.8 ± 0.6 ημέρες (το 82% των ασθενών είχε χρόνο νοσηλείας μέχρι 4 ημέρες ενώ το 18% από 5 έως 9 ημέρες).

Ο χειρισμός της αορτής, η καρδιοπνευμονική παράκαμψη, η αφαίρεση μοσχεύματος και η στερνοτομή αποτελούν τους σημαντικότερους παράγοντες στην επεμβατική, συμβατική χειρουργική στεφανιαίας παράκαμψης (bypass). Τα τελευταία χρόνια, ωστόσο, μία νέα τεχνολογία επέτρεψε την εφαρμογή μίας ελάχιστα επεμβατικής χειρουργικής μεθόδου για τις φραγμένες στεφανιαίες αρτηρίες, η καρδιακή επαναγγείωση με το ρομποτικό σύστημα da Vinci. Η συγκεκριμένη ρομποτική τεχνική χρησιμοποιείται τόσο για μικρές θωρακοτομές ενός αγγείου (Single-Vessel Small Thoracotomies – SVST) όσο και για μικρές θωρακοτομές πολλαπλών αγγείων (Multi-Vessel Small Thoracotomies – MVST).

Και στις δύο τεχνικές το σύστημα da Vinci εξασφαλίζει την απαραίτητη ακρίβεια που απαιτείται από την αρχή μέχρι το τέλος της επέμβασης, δηλαδή από την εύκολη λήψη της εσωτερικής μαστικής αρτηρίας (IMA) μέχρι τη διχάλωση και την αναστόμωση της αριστερής εσωτερικής μαστικής αρτηρίας (LIMA) στην αριστερή πρόσθια κατιούσα αρτηρία (LAD). Όλες οι διαδικασίες εκτελούνται μέσα από μία μικρή τομή στην αριστερή πλευρά του στήθους. Με τη χρήση ενός σταθεροποιητή των ιστών της καρδιάς η επέμβαση πραγματοποιείται ενώ αυτή πάλλεται, χωρίς τη χρήση αντλίας και οξυγονωτή. Η ανάπτυξη των δύο αυτών τεχνικών είχε ως σκοπό την επίτευξη μίας λιγότερο επεμβατικής εναλλακτικής μεθόδου σε σχέση με τη συμβατική στεφανιαία παράκαμψη, χωρίς όμως την υιοθέτηση των ελλείψεων της τεχνικής MIDCAB (Minimally Invasive Direct Coronary Artery Bypass). Η αναστόμωση LIMALAD χαρακτηρίζεται από ένα ποσοστό βατότητας 95% για μία χρονική περίοδο δέκα ετών και αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα εκτίμησης της μακροπρόθεσμης βιωσιμότητας ασθενών με παθήσεις της στεφανιαίας αρτηρίας.

Μία μελέτη της FDA που επιβεβαιώνει την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα του ρομποτικού συστήματος da Vinci σε επεμβάσεις στεφανιαίας παράκαμψης περιελάμβανε την επιλογή 98 ασθενών για επαναγγείωση LAD ενός αγγείου και την εισαγωγή τους σε 12 εγκεκριμένα από την FDA ιατρικά κέντρα των Η.Π.Α. από τον Ιανουάριο του 2002 μέχρι τον Ιούλιο του 2004. Δεκατρείς από τους ασθενείς (ποσοστό 13%) αποκλείστηκαν από τη μελέτη κατά τη διάρκεια της επέμβασης, λόγω π.χ. αποτυχημένης παροχέτευσης της μηριαίας αρτηρίας ή περιορισμένου χώρου

εργασίας. Στους υπόλοιπους 85 ασθενείς, που υποβλήθηκαν τελικά σε επέμβαση στεφανιαίας παράκαμψης με το da Vinci, η μέση ολική διάρκεια της επέμβασης ήταν 353 ± 89 min ενώ ο μέσος χρόνος νοσηλείας 5.1 ± 3.4 ημέρες. Υπήρξαν συνολικά 5 μετατροπές σε αντίστοιχες ανοικτές τεχνικές (ποσοστό 6%). Τα ποσοστά θνησιμότητας και εγκεφαλικών επεισοδίων ήταν μηδενικά, ενώ χαμηλό ήταν και το ποσοστό νοσηρότητας. Σε μία περίπτωση υπήρξε ανάγκη για επανεπέμβαση ενώ σε μία άλλη ο ασθενής εμφάνισε έμφραγμα του μυοκαρδίου. Η τρίμηνη αγγειογραφία σε 76 ασθενείς αποκάλυψε σημαντική στένωση ή απόφραξη της αναστόμωσης σε 6 από αυτούς.

Το κολπικό διαφραγματικό έλλειμμα (Atrial Septal Defect – ASD) αποτελεί μία μορφή συγγενούς καρδιακής ανωμαλίας που επιτρέπει τη ροή αίματος ανάμεσα στον αριστερό και δεξιό κόλπο της καρδιάς μέσω του συγκεκριμένου διαφράγματος. Το κολπικό διάφραγμα είναι ένας ιστός που διαχωρίζει τους δύο κόλπους της καρδιάς (ανώτερα τμήματα αυτής). Η ελλειμματική λειτουργία του έχει ως αποτέλεσμα την ανάμιξη του υψηλά οξυγονωμένου αρτηριακού αίματος στον αριστερό κόλπο με το φλεβικό αίμα του δεξιού κόλπου που έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε οξυγόνο. Η συγκεκριμένη ανωμαλία μπορεί να οδηγήσει σταδιακά σε καρδιακή ανεπάρκεια και πρόωρο θάνατο.

Η διόρθωση του κολπικού διαφραγματικού ελλείμματος με τη συμβατική στερνοτομή εφαρμόζεται επιτυχώς, αλλά συνδέεται παράλληλα με προβλήματα που έχουν σχέση με το τραύμα στο στέρνο καθώς και με φτωχά αισθητικά αποτελέσματα. Για τον περιορισμό του χειρουργικού τραύματος και τη βελτίωση των αισθητικών αποτελεσμάτων έχουν αναπτυχθεί διάφορες ελάχιστα επεμβατικές χειρουργικές προσεγγίσεις που έχουν ήδη εφαρμοστεί με καλά κλινικά αποτελέσματα. Η χειρουργική διόρθωση μέσω μικροθωρακοτομής έχει κερδίσει σημαντική αποδοχή μέσα στην καρδιοχειρουργική κοινότητα. Η εφαρμογή πλήρως ενδοσκοπικών διαδικασιών που κάνουν χρήση της ρομποτικής τεχνολογίας έχει αποδειχτεί μία ασφαλής και αποτελεσματική μέθοδος, με μηδενική θνησιμότητα και πολύ χαμηλά ποσοστά νοσηρότητας. Σύμφωνα με αναφορές, η ρομποτική τεχνική εξασφαλίζει για τον ασθενή ταχεία ανάκτηση της ποιότητας ζωής με ελάχιστα επίπεδα μετεγχειρητικού πόνου, σε σύγκριση με την κλασική στερνοτομή ή τη συμβατική λαπαροσκοπική μέθοδο.

Μία ακόμη σημαντική εφαρμογή της καρδιοχειρουργικής είναι η αποκατάσταση του ρυθμού των κοιλιών, των δύο κατώτερων δηλαδή τμημάτων της καρδιάς. Ο καρδιακός επανασυγχρονισμός ή αμφικολιακή βηματοδότηση (biventricular pacing), όπως ονομάζεται η συγκεκριμένη θεραπευτική μέθοδος, έχει ως σκοπό την ταυτόχρονη συστολή της δεξιάς και αριστερής κοιλίας με την εφαρμογή μικρών ηλεκτρικών ωθήσεων στον καρδιακό μυ. Το τελικό αποτέλεσμα είναι η καρδιά να μπορεί να συστέλλεται πιο αποτελεσματικά και να εξωθεί μεγαλύτερη ποσότητα αίματος.

Ο αμφικολιακός βηματοδότης είναι μία εξειδικευμένη βηματοδοτική συσκευή. Παραδοσιακά, οι βηματοδότες εμφυτεύονται σε ασθενείς με

βραδυαρρυθμίες. Οι βηματοδότες μπορούν να έχουν ένα εμφυτευμένο ηλεκτρόδιο, είτε στον κόλπο είτε στην κοιλία, ή και δύο ηλεκτρόδια, ένα στον κόλπο και ένα στην κοιλία. Στην αμφικοιλιακή βηματοδότηση χρησιμοποιείται και ένα τρίτο ηλεκτρόδιο για να βοηθάει την καρδιά να συστέλλεται με συγχρονισμένο τρόπο, επανασυγχρονίζοντας τη συστολή της αριστερής και δεξιάς κοιλίας. Τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται στον δεξιό κόλπο, στη δεξιά και αριστερά κοιλία. Όταν ο αμφικοιλιακός βηματοδότης αισθανθεί την κολπική συστολή δίδει εντολή στα κοιλιακά ηλεκτρόδια να βηματοδοτήσουν ταυτόχρονα και τις δύο κοιλίες. Το τελικό αποτέλεσμα είναι η αύξηση της καρδιακής λειτουργίας

Αναρίθμητες κλινικές δοκιμές και μελέτες έχουν δείξει ότι η συγκεκριμένη θεραπεία μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την ποιότητα ζωής σε πολλούς ασθενείς που πάσχουν από καρδιακή ανεπάρκεια. Οι ερευνητές συμπεραίνουν ότι ο καρδιακός επανασυγχρονισμός που επιτυγχάνεται από τον ειδικό βηματοδότη βελτιώνει την καρδιακή λειτουργία, μειώνει τις εισαγωγές στο νοσοκομείο και περιορίζει τους θανάτους από προοδευτική καρδιακή ανεπάρκεια. Παρόλο που τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται συχνά με χρήση διαδερματικών τεχνικών, περίπου 15 με 20% των εμφυτεύσεων αυτού του είδους αποτυγχάνουν. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται χειρουργική επέμβαση.

Οι πρώτες αναφορές για χρήση της ρομποτικής τεχνολογίας (σύστημα da Vinci) στην εμφύτευση βηματοδότη επιβεβαίωσαν την εφικτότητα των ελάχιστα επεμβατικών εγχειρήσεων. Η μελέτη περιελάμβανε τα αποτελέσματα για 13 ασθενείς, 6 από τους οποίους (ποσοστό 46%) είχαν υποβληθεί παλαιότερα σε επέμβαση καρδιακού bypass. Οι επεμβάσεις ολοκληρώθηκαν επιτυχώς χωρίς να παρουσιαστεί καμία επιπλοκή, ούτε στους ασθενείς ούτε στον τεχνικό εξοπλισμό (DeRose et al.,2004). Μία διαφορετική αναφορά περιελάμβανε τα αποτελέσματα για 41 ασθενείς που υποβλήθηκαν σε έναν συνδυασμό ελάχιστα επεμβατικών (μέσω δηλαδή μικροθωρακοτομών) και ρομποτικών τοποθετήσεων βηματοδότη. Και αυτές οι επεμβάσεις ολοκληρώθηκαν με επιτυχία, με μηδενικό ποσοστό θνησιμότητας και χωρίς επιπλοκές ή τεχνικές βλάβες.

2.1.6 Ορθοπεδική

Η ορθοπεδική ήταν από τους πρώτους τομείς της χειρουργικής στους οποίους αναπτύχθηκαν ρομποτικές εφαρμογές. Ο χειρισμός των οστών είναι σχετικά πιο εύκολος από τον αντίστοιχο των μαλακών ιστών, καθώς αυτά παραμορφώνονται ελάχιστα κατά τη διαδικασία κοπής. Για το λόγο αυτό, οι καθοδηγούμενες από εικόνα τεχνικές είναι σχετικά απλές στην υλοποίησή τους. Το αποτέλεσμα είναι ότι οι ρομποτικές διαδικασίες καταλήγουν σε

καλύτερη συμφωνία με ένα προεγχειρητικό σχέδιο απ'ότι η ανάλογη χειροκίνητη μέθοδος. Οι ορθοπεδικές εφαρμογές που έχουν λάβει τη μεγαλύτερη προσοχή είναι οι αντικαταστάσεις ισχίων και γονάτων, ενώ επιπρόσθετη έρευνα έχει γίνει και σε άλλες περιοχές, όπως η θεραπεία των καταγμάτων και η αναδόμηση περιοχών του κρανίου και του προσώπου.

Η ολική αρθροπλαστική ισχίου (Total Hip Arthroplasty – THA) είναι η αντικατάσταση των προβληματικών αρθρώσεων του ισχίου εξαιτίας ασθένειας ή τραύματος. Η διαδικασία ξεκινά με την απεξάρθρωση της ένωσης και την αφαίρεση της κεντρικής κεφαλής του μηριαίου οστού. Στη συνέχεια, μία προσθετική κούπα από μέταλλο και πολυμερές τοποθετείται στην κοτύλη. Το μηριαίο εμφύτευμα αποτελείται από έναν μακρύ μεταλλικό άξονα (μέχρι 220 mm) που εισάγεται σε μία βαθιά κοιλότητα που πρέπει να διαμορφωθεί κατά μήκος του κεντρικού άξονα του μηριαίου οστού.

Στη χειροκίνητη τεχνική, ο χειρουργός κόβει την κοιλότητα με ειδικά εργαλεία αυλάκωσης και διεύρυνσης οπών, διαδικασία που αφήνει μία τραχιά και ανώμαλη επιφάνεια. Μέχρι πρόσφατα, το εμφύτευμα στερεωνόταν σε αυτή την κοιλότητα με οστικό τσιμέντο, αλλά μακροπρόθεσμα μετεγχειρητικά δεδομένα έδειξαν ότι το τσιμέντο μπορούσε να ραγίσει, να χαλαρώσει ή να προκαλέσει οστεόλυση, καταλήγοντας έτσι σε αποτυχία του εμφυτεύματος. Νεότερα εμφυτεύματα χωρίς οστικό τσιμέντο διαθέτουν μία πορώδη μεταλλική επιφάνεια και βασίζονται στη φυσική ανάπτυξη του οστού μέσα στο μέταλλο για τη στήριξη. Η τεχνική αυτή απαιτεί στενή εγγύτητα (0.25 mm ή λιγότερο) ανάμεσα στην επιφάνεια του οστού και το εμφύτευμα, με αποτέλεσμα η μακροπρόθεσμη επιτυχία της διαδικασίας να εξαρτάται ιδιαίτερα από τη σφιχτή συναρμογή μεταξύ του εμφυτεύματος και του μηριαίου οστού.

Η ανάγκη για βελτιωμένη ακρίβεια οδήγησε στη δημιουργία μίας ρομποτικής προσέγγισης για τη διαμόρφωση της μηριαίας κοιλότητας. Η ανάπτυξη ρομποτικών συστημάτων για επεμβάσεις ορθοπεδικής (π.χ. ROBODOC, Acrobot κ.ά) παρέχει δύο βασικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη χειροκίνητη διαδικασία. Πρώτον, κλινικές δοκιμές έχουν επιβεβαιώσει ότι η διαμόρφωση της μηριαίας κοιλότητας επιτυγχάνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια. Δεύτερον, εξαιτίας της ανάγκης για παροχή ακριβών αριθμητικών οδηγιών στο ρομπότ, χρησιμοποιούνται προεγχειρητικές εικόνες του ασθενούς (π. χ. αξονική τομογραφία) για το σχεδιασμό της διαδικασίας επεξεργασίας του οστού. Αυτό δίνει την ευκαιρία στο χειρουργό να βελτιστοποιήσει το μέγεθος και την τοποθέτηση του εμφυτεύματος για κάθε ασθενή ξεχωριστά.

Η χειρουργική διαδικασία με το ROBODOC αρχίζει με την τοποθέτηση πριν από την επέμβαση τριών καρφίτσων από τιτάνιο στους μηριαίους κονδύλους και τον μεγαλύτερο τροχαντήρα για λόγους καταχώρησης (registration). Η διαδικασία της καταχώρησης ουσιαστικά “ταιριάζει” τον εικονικό κόσμο των προεγχειρητικών εικόνων με τον πραγματικό κόσμο του ασθενούς και του περιβάλλοντος της χειρουργικής αίθουσας. Αφορά στο συσχετισμό ανάμεσα στις προεγχειρητικές εικόνες (π.χ. CT) και σε ένα σταθερό σημείο στην ανατομία του ασθενούς. Ο ασθενής υποβάλλεται σε

αξονική τομογραφία, η οποία και “φορτώνεται ” στο λογισμικό προεγχειρητικού σχεδιασμού. Το υπολογιστικό σύστημα προβάλλει αλληλεπιδραστικά διάφορες όψεις των δεδομένων της εικόνας, ο χειρουργός επιλέγει το καταλληλότερο εμφύτευμα από μία ψηφιακή βιβλιοθήκη και στη συνέχεια προσδιορίζει την τοποθέτησή του, λαμβάνοντας υπ’όψιν παράγοντες όπως η κινηματική του ποδιού και η πυκνότητα του οστού.

Η χειρουργική ομάδα τοποθετεί την κοτυλιαία κούπα και αφαιρεί την κεφαλή του μηριαίου οστού , ακριβώς όπως και στη χειροκίνητη διαδικασία. Το μηριαίο οστό συσφίγγεται σταθερά από έναν σταθεροποιητή, που είναι προσαρμοσμένος στη βάση του ρομποτικού συστήματος, ώστε να εξασφαλιστεί μία σταθερή, γνωστή θέση στο χώρο. Οι καρφίτσες καταχώρησης αποκαλύπτονται και ένα αισθητήριο εργαλείο στην άκρη του ρομποτικού βραχίονα (probe) φέρεται σε επαφή με καθεμία από αυτές. Με τον τρόπο αυτό, προσδιορίζεται ο μετασχηματισμός ανάμεσα στο προεγχειρητικό σχέδιο και τη φυσική θέση του μηριαίου οστού. Ένα σύστημα ελέγχου της ασφάλειας επιβεβαιώνει ότι οι θέσεις του probe του ρομπότ και η προεγχειρητική εικόνα δείχνουν την ίδια χωρική σχέση ανάμεσα στις καρφίτσες. Μία συσκευή επεξεργασίας υψηλής ταχύτητας στην άκρη του ρομποτικού βραχίονα κόβει τότε τη μηριαία κοιλότητα. Ο έλεγχος του ROBODOC είναι ουσιαστικά αυτόνομος. Το ρομπότ ακολουθεί την προσχεδιασμένη διαδικασία κοπής χωρίς την καθοδήγηση του χειρουργού. Μετά τη διαμόρφωση της κοιλότητας ο χειρουργός συνεχίζει σύμφωνα με τη χειροκίνητη διαδικασία.

Αναφορές για περίπου 130 επεμβάσεις αντικατάστασης ισχίου από μία κλινική μελέτη που πραγματοποιήθηκε στις Η.Π.Α. το 1998 συνέκριναν τις θεραπείες με το ROBODOC στις οποίες υποβλήθηκαν οι ασθενείς με αντίστοιχες συμβατικές διαδικασίες. Οι περιπτώσεις με το ROBODOC παρουσίασαν σημαντικά λιγότερο κενό ανάμεσα στο προσθετικό μέλος και το οστό. Η τοποθέτηση του εμφυτεύματος επίσης βελτιώθηκε. Επιπλέον, δεν παρουσιάστηκε κανένα ενδοεγχειρητικό μηριαίο κάταγμα στις περιπτώσεις με το ROBODOC, σε αντίθεση με τις συμβατικές επεμβάσεις όπου παρουσιάστηκαν τρεις. Στην Ευρώπη, το ρυθμιστικό πλαίσιο επέτρεψε την ευρύτερη υιοθέτηση του συστήματος. Από το Νοέμβριο του 1994 μέχρι το Φεβρουάριο του 1998 περισσότεροι από 1000 ασθενείς θεραπεύτηκαν σε 17 μέρη στη Γερμανία και την Αυστρία. Τα αποτελέσματα επέδειξαν βελτιωμένο τάριασμα του προσθετικού μέλους και μικρότερο ποσοστό επιπλοκών από αντίστοιχες συμβατικές επεμβάσεις (11.6% από 16.6-33.7%). Η χρονική διάρκεια των ρομποτικών επεμβάσεων μειωνόταν δραματικά καθώς οι χειρουργοί αποκτούσαν μεγαλύτερη εμπειρία με το σύστημα, από 220 min για τις 10 πρώτες περιπτώσεις σε 90-100 min για τις επόμενες. Η εξάρθρωση ισχίου συμβαίνει όταν η κεφαλή του μηριαίου οστού αποσυνδεθεί από την κοτυλιαία κούπα. Αποτελεί μία από τις πιο κοινές μετεγχειρητικές επιπλοκές σε επεμβάσεις ολικής αντικατάστασης ισχίων, με ποσοστό εμφάνισης 1-5%. Η αιτία της εξάρθρωσης σχετίζεται με έναν αριθμό παραγόντων, κυρίως όμως

με τη λανθασμένη τοποθέτηση του κοτυλιαίου εμφυτεύματος. Η ανακριβής τοποθέτηση μπορεί να επιτρέψει στο λαιμό του κοτυλιαίου εμφυτεύματος να προσκρούσει στην άκρη της κούπας ή σε μία οστέινη προεξοχή της λεκάνης, ωθώντας τη μηριαία κεφαλή προς τα έξω. Δυστυχώς, οι χειροκίνητες συσκευές ευθυγράμμισης διαμορφώνουν το εμφύτευμα ανάλογα με τους άξονες του σώματος του ασθενούς, χωρίς να λαμβάνουν υπ'όψιν τον προσανατολισμό της πυέλου (λεκάνης) στο χειρουργικό τραπέζι και τις ιδιαίτερες μεταβολές στη γεωμετρία αυτής.

Για να μειωθεί αυτή η επιπλοκή, αναπτύχθηκε ένα σύστημα για την ακριβή τοποθέτηση του εμφυτεύματος της κοτυλιαίας κούπας. Το σύστημα HipNav αποτελείται από έναν προεγχειρητικό σχεδιαστή, έναν προσομοιωτή εύρους κινήσεων και ένα σύστημα ενδοεγχειρητικής ανίχνευσης και καθοδήγησης. Ο προσομοιωτής εύρους κινήσεων βοηθά το χειρουργό να καθορίσει τον προσανατολισμό των εμφυτευμάτων στον οποίο θα μπορούσε να συμβεί μία πρόσκρουση. Χρησιμοποιούμενος από κοινού με το σύστημα σχεδιασμού και τις προεγχειρητικές εικόνες από την τομογραφία του ασθενούς, ο προσομοιωτής επιτρέπει στο χειρουργό να προσδιορίσει τον βέλτιστο για τον ασθενή προσανατολισμό της κοτυλιαίας κούπας. Στη χειρουργική, ένα σύστημα ανίχνευσης πρέπει να καταγράφει τη θέση της πυέλου με το προεγχειρητικό σχέδιο και να ελέγχει τη θέση της κούπας ώστε να καθοδηγεί το χειρουργό να τοποθετήσει κατάλληλα το εμφύτευμα. Το γόνατο είναι μία σύνθετη άρθρωση, με μεγάλες κοίλες επιφάνειες και ένα περίπλοκο σύστημα συνδέσμων, διαμορφωμένο για να περιορίζει την πλευρική κίνηση. Έχουν αναπτυχθεί συστήματα πλοήγησης για διάφορες διαδικασίες που σχετίζονται με το γόνατο, όπως είναι π.χ. η αντικατάσταση χιαστού συνδέσμου. Τα περισσότερα ρομποτικά συστήματα υποβοήθησης αυτού του είδους, ωστόσο, προσανατολίζονται στη χειρουργική ολικής αντικατάστασης γονάτου (Total Knee Replacement – TKR).

Κατά τη διαδικασία αυτή αντικαθίστανται όλα τα όργανα της άρθρωσης από προσθετικά μέλη. Στην TKR, ο χειρουργός χρησιμοποιεί ένα σύστημα-οδηγό για να κατευθύνει τον πριονισμό του οστού. Η τοποθέτηση του εργαλείου αυτού βασίζεται στις προεγχειρητικές εικόνες ακτίνων Χ και στην περιορισμένη οπτική πληροφορία από την επιφάνεια του εκτειθέμενου οστού. Εξαιτίας της έλλειψης ενδοεγχειρητικής πληροφορίας, αναφορές καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι ένα μεγάλο μέρος από τις χειροκίνητες διαδικασίες οδηγεί σε κλινικά σημαντικές ανακρίβειες, ενώ μέχρι και το 40% των ασθενών φεύγει με επιγονατιδομηρικό πόνο ή περιορισμένη κάμψη μετά από μία συμβατική επέμβαση TKR. Η ευθυγράμμιση του μηριαίου οστού και της κνήμης και η θέση των συνδέσμων είναι κρίσιμες. Μικρές μετατοπίσεις του μηριαίου οστού (2.5 mm) φαίνεται να μεταβάλλουν το εύρος της κίνησης έως και 20.

Έχουν αναπτυχθεί αρκετά ρομποτικά συστήματα υποβοήθησης επεμβάσεων TKR για να αυξήσουν την ακρίβεια ευθυγράμμισης του προσθετικού μέλους. Πολλά από αυτά τα συστήματα περιλαμβάνουν ένα

σύστημα προεγχειρητικού σχεδιασμού βασισμένου σε εικόνα και ένα ρομπότ για το κόψιμο του οστού. Ένα τέτοιο σύστημα είναι και το Puma 560, το οποίο χρησιμοποιεί το ρομπότ για να καθοδηγήσει τα εργαλεία κοπής στη σωστή θέση, επιτρέποντας στο χειρουργό να εκτελέσει ακριβείς τομές στο οστό. Αρχικά, το PUMA 560 ακολουθεί την κίνηση και εντοπίζει το κέντρο της μηριαίας κεφαλής, ενώ ο χειρουργός κάμπτει και απάγει το μηρό με το χέρι. Το ρομπότ χρησιμοποιεί αυτό το διακριτικό σημείο ως σημείο αναφοράς επιπρόσθετα στις προεγχειρητικά εμφυτευμένες καρφίτσες για να καθοδηγήσει τα εργαλεία κοπής στο σημείο όπου πρόκειται να γίνει εκτομή του μηριαίου οστού. Αφού ο χειρουργός εκτελέσει την κοπή του τελευταίου, το ρομπότ οδηγεί τη θέση κοπής για την κνήμη χρησιμοποιώντας τις εμφυτευμένες καρφίτσες. Για τη διατήρηση της καταγραφής, η πύελος και ο αστράγαλος σταθεροποιούνται στο χειρουργικό τραπέζι, ενώ το ακραίο μηριαίο οστό και η κεντρική κνήμη ασφαλιζονται στη βάση του ρομπότ, το οποίο χρησιμοποιεί έναν βραχίονα με έξι βαθμούς ελευθερίας. Ο μηχανικός αυτός βραχίονας πρέπει να προσαρμόζεται στα οστά χωρίς να παρεμβάλλει στις δραστηριότητες του χειρουργού.

2.2 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Ρομποτικής Χειρουργικής

2.2.1 Πλεονεκτήματα

Η εφαρμογή της ρομποτικής χειρουργικής αλλάζει τα μέχρι σήμερα δεδομένα και μετατρέπει τις δύσκολες περιπτώσεις ανοιχτών επεμβάσεων σε εγχειρήσεις ρουτίνας. Η χειρουργική με τη βοήθεια ρομπότ είναι η πιο πρόσφατη εξέλιξη στον τομέα της λαπαροσκοπικής και ελάχιστα τραυματικής χειρουργικής. Αποτελεί δε το μέλλον της χειρουργικής καθώς δίνει λύσεις στους περιορισμούς της λαπαροσκοπικής μεθόδου (δισδιάστατη, ασταθή εικόνα, εργονομικά προβλήματα, απώλεια βαθμών ελευθερίας και αίσθησης) προσφέροντας παράλληλα ασύγκριτα πλεονεκτήματα στους χειρουργούς:

- Παρέχει στο χειρουργό μεγαλύτερη άνεση κατά τη διάρκεια της επέμβασης. Σε αντίθεση με τη συνηθισμένη χειρουργική πρακτική, η ρομποτική χειρουργική επιτρέπει στο χειρουργό να πραγματοποιεί τις επεμβάσεις καθισμένος, μέσα σε ένα προσεκτικά σχεδιασμένο και εργονομικά άριστο περιβάλλον. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η φυσική κούρασή του, το οποίο αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα ιδιαίτερα σε περιπτώσεις δύσκολων και πολύωρων επεμβάσεων.

- Επιτυγχάνεται καλύτερος συντονισμός ανάμεσα στα μάτια και τα χέρια του χειρουργού.
- Του εξασφαλίζει τη δυνατότητα να πραγματοποιεί δύσκολους χειρουργικούς χειρισμούς. Τα χειρουργικά εργαλεία των ρομποτικών βραχιόνων μπορούν να εκτελέσουν όλες τις κινήσεις που πραγματοποιεί το ανθρώπινο χέρι (επτά βαθμοί ελευθερίας στην κίνηση) με μεγαλύτερη δεξιότητα και ακρίβεια, ενώ περιστρέφονται σχεδόν 360^ο μέσα στο χειρουργικό πεδίο.
- Εξασφαλίζει μεγαλύτερη ακρίβεια στις χειρουργικές κινήσεις. Καθώς οι χειρισμοί του χειρουργού στην κονσόλα μετατρέπονται σε κινήσεις των ρομποτικών βραχιόνων μέσω κατάλληλων ηλεκτρονικών και λογισμικών φίλτρων, ελαχιστοποιείται ο φυσιολογικός τρόμος των χεριών με αποτέλεσμα μία πρωτοφανή χειρουργική δεξιότητα. Τα σύγχρονα ρομποτικά χειρουργικά συστήματα κλιμακώνουν την κίνηση, έτσι ώστε οι απότομες κινήσεις στις χειρολαβές ελέγχου να μετατρέπονται σε μικρότερες κινήσεις μέσα στο χειρουργικό πεδίο.
- Επιτρέπει στο χειρουργό να έχει μία έγχρωμη, τρισδιάστατη εικόνα του χειρουργικού πεδίου σε πολύ μεγάλη μεγέθυνση, ακόμη και μεγαλύτερη από 15 φορές, δίνοντάς του έτσι την αίσθηση ότι τα μάτια και τα χέρια του βρίσκονται πάνω και μέσα στον ασθενή. Με τον τρόπο αυτό ο χειρουργός αποκτά αντίληψη του βάθους του χειρουργικού πεδίου.
- Ο χειρουργός βλέπει τώρα άριστα και σε σημεία στα οποία μέχρι σήμερα δεν είχε καμμία οπτική πρόσβαση. Έτσι έχει τη δυνατότητα να χειρουργεί σε απρόσιτα σημεία με απόλυτη ασφάλεια και ακρίβεια (π.χ. εκτέλεση μικροαναστομών).
- Δίνει τη δυνατότητα στο χειρουργό να προετοιμάσει την επέμβαση στον ηλεκτρονικό υπολογιστή χρησιμοποιώντας τις εικόνες των εσωτερικών οργάνων του ασθενή, όπως αυτές προκύπτουν από τις εξετάσεις του (π.χ. τομογραφίες). Με τον τρόπο αυτό ο χειρουργός μπορεί κατά τη διάρκεια της επέμβασης να ανακαλέσει και να συμβουλευτεί χρήσιμες εικόνες της παθολογίας του ασθενούς στην οθόνη του.
- Ο χειρουργός εξακολουθεί να έχει τον πλήρη έλεγχο της επέμβασης, αφού το ρομποτικό σύστημα δρα συμπληρωματικά και κατ'επέκταση του πρώτου, ως συνεργάτης του.
- Η μέθοδος της ρομποτικής χειρουργικής έχει μικρότερη καμπύλη εκμάθησης από την αντίστοιχη λαπαροσκοπική μέθοδο.

Η ρομποτική χειρουργική όμως κρύβει και απίστευτα οφέλη για τους ίδιους τους ασθενείς έναντι των συμβατικών μεθόδων:

- Είναι μία ελάχιστα επεμβατική και ελάχιστα τραυματική μέθοδος, εξαιτίας κυρίως της ακρίβειας με την οποία γίνονται οι κινήσεις του χειρουργού.
- Εξασφαλίζει ελάχιστη απώλεια αίματος.

- Εξασφαλίζει μεγάλη ελάττωση του μετεγχειρητικού πόνου και της δυσφορίας του ασθενούς.
- Ο ασθενής αισθάνεται λιγότερο φόβο σε σχέση με τις συμβατικές ανοικτές επεμβάσεις.
- Επιτρέπει μικρότερη διάρκεια αναισθησίας.
- Ελαχιστοποιεί την πιθανότητα ενδοεγχειρητικών και μετεγχειρητικών επιπλοκών που έχουν σχέση με το τραύμα (διαπύση, διάσπαση, κήλη, χρόνιο άλγος κ.λ.π.) και των μετεγχειρητικών συμφύσεων και των συνεπειών τους.
- Εξασφαλίζει λιγότερες αναπνευστικές και καρδιαγγειακές επιπλοκές.
- Επιτρέπει την ταχύτερη ανάρρωση και επάνοδο του ασθενούς στις καθημερινές του δραστηριότητες.
- Μειώνει σημαντικά το χρόνο παραμονής στο νοσοκομείο και κατ'επέκταση το κόστος νοσηλείας.
- Προσφέρει άρτιο αισθητικό αποτέλεσμα [Lanfranco et. Al. 2004, Robotic Surgery, Κωνσταντινίδης 2008].

2.2.2 Μειονεκτήματα

Παρόλο που η ρομποτική χειρουργική τεχνολογία γνωρίζει ραγδαία ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, δεν έχει γίνει ακόμα εφικτό να ξεπεραστούν κάποιοι σημαντικοί περιορισμοί που τη χαρακτηρίζουν. Ένα από τα βασικότερα μειονεκτήματα της ρομποτικής χειρουργικής είναι το κόστος της. Δύο σχετικά πρόσφατες μελέτες κατέδειξαν ότι το αυξημένο κόστος των ρομποτικών επεμβάσεων σε σχέση με το αντίστοιχο των συμβατικών μεθόδων οφείλεται κυρίως στο αρχικό κόστος αγοράς των ρομποτικών συστημάτων (κυμαίνεται από 750.000 μέχρι 1.200.000 δολάρια περίπου) και την ετήσια συντήρησή τους (περίπου 100.000 δολάρια). Είναι αναμενόμενο, εντούτοις, ότι και τα δύο αυτά οικονομικά μεγέθη (αρχικό κόστος-συντήρηση) θα ελαττώνονται σταδιακά καθώς τα ρομποτικά χειρουργικά συστήματα θα κερδίζουν ευρύτερη αποδοχή. Σε πρώτη φάση βέβαια, τα κόστη μπορεί να ανέβουν ακόμη υψηλότερα εξαιτίας των τεχνολογικών βελτιώσεων στα ρομποτικά συστήματα που αναπόφευκτα θα γίνουν στο μέλλον.

Ένα άλλο μειονέκτημα της ρομποτικής χειρουργικής είναι ο μεγάλος όγκος των συστημάτων που χρησιμοποιούνται σήμερα. Τόσο το σώμα του ρομπότ με τους βραχίονές του αλλά και η κεντρική κονσόλα του χειρουργού καταλαμβάνουν σημαντικό χώρο μέσα στη χειρουργική αίθουσα. Οι χειρουργοί δεν αισθάνονται ιδιαίτερα άνετα όταν εργάζονται δίπλα σε ρομποτικά συστήματα που ξεπερνούν συνήθως τα δύο μέτρα σε ύψος και ζυγίζουν αρκετές δεκάδες κιλά. Τα μεγαλύτερα σε μέγεθος ρομπότ όμως εξασκούν

συνήθως και μεγαλύτερες δυνάμεις, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό σε περίπτωση λανθασμένης ενέργειας.

Από άποψη αντίληψης και ελέγχου τα ρομπότ ελέγχονται από ηλεκτρονικούς υπολογιστές, με συνέπεια να μοιράζονται πολλές από τις αδυναμίες αυτών, ιδιαίτερα σε θέματα που αφορούν αυτόνομες λειτουργίες. Ακολουθούν κυριολεκτικά οδηγίες και αυτό τα καθιστά εντελώς ανάκανα στο να ενσωματώνουν διαφορετικές πηγές πληροφοριών και να επιδεικνύουν ανεπτυγμένη συλλογιστική κρίση. Αν και μπορούν να επεξεργάζονται περίπλοκες τρισδιάστατες εικόνες πληροφοριών για την εκτέλεση μίας επέμβασης με εξαιρετικά μεγάλη ακρίβεια, τα χειρουργικά ρομποτικά συστήματα έχουν περιορισμένη δυνατότητα χρήσης πληροφοριών από ανόμοιους αισθητήρες ώστε να ελέγχουν τη συμπεριφορά τους κατά τη διάρκεια αυτής.

Η έλλειψη συμβατού εξοπλισμού συγκαταλέγεται επίσης στα μειονεκτήματα της ρομποτικής χειρουργικής. Η έλλειψη κάποιων συμβατών με το ρομποτικό σύστημα χειρουργικών οργάνων αυξάνει την εξάρτηση από βοηθητικό προσωπικό δίπλα στο χειρουργικό τραπέζι. Ωστόσο αυτό φαίνεται να αποτελεί το λιγότερο σημαντικό μειονέκτημα καθώς νέες τεχνολογίες αναμένεται να δώσουν σύντομα λύσεις στο μέλλον. Ένα ακόμη μεγάλο πρόβλημα για τον χειρουργό αποτελεί η έλλειψη αίσθησης της αφής (tactile feedback). Η απτική (haptics), ο τεχνολογικός εκείνος κλάδος δηλαδή ο οποίος ασχολείται με την ανάπτυξη συστημάτων ικανών να “αναπαράγουν” την αίσθηση των ανθρώπινων ιστών μέσω της ανάδρασης αφής, υπόσχεται λύσεις οι οποίες προς το παρόν παραμένουν σε πειραματικό μόνο στάδιο. Είναι γεγονός πάντως ότι η ρομποτική χειρουργική αποτελεί μία νέα τεχνολογία της οποίας η αποτελεσματικότητα δεν έχει διασαφηνιστεί πλήρως. Τα περισσότερα από τα μειονεκτήματά της αναμένονται να ξεπεραστούν με την πάροδο του χρόνου λόγω των μελλοντικών επανασχεδιασμών και των τεχνολογικών βελτιώσεων που θα υποστούν αναπόφευκτα τα ρομποτικά χειρουργικά συστήματα. Μόνο ο χρόνος μένει για να δείξει αν η χρήση των συστημάτων αυτών θα υπερκεράσει το σημερινό υψηλό κόστος απόκτησης και συντήρησής τους [Lanfranco et. Al. 2004, Robotic Surgery, Morris 2005].

2.2.3 Ζητήματα Ασφαλείας

Η ασφάλεια που παρέχουν τα ρομποτικά συστήματα αποτελεί μία προφανή ανησυχία όταν πρόκειται για χειρουργικές επεμβάσεις. Σε σύγκριση με τα ρομπότ που χρησιμοποιούνται στο βιομηχανικό τομέα, τα ιατρικά ρομποτικά συστήματα εγείρουν περισσότερα και πιο πολυσύνθετα θέματα ασφάλειας για τους σχεδιαστές τους. Μάλιστα, όσο πιο πολύπλοκη είναι η εργασία την οποία καλείται να εκτελέσει το ρομπότ, τόσο αυξάνεται η ανάγκη

για πιο εξελιγμένα συστήματα υλικού και λογισμικού (μικρότερος χρόνος απόκρισης, μεγαλύτερη ακρίβεια, περισσότεροι βαθμοί ελευθερίας). Αυτό αυξάνει εκθετικά όμως και την πιθανότητα λάθους.

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που δικαιολογεί την πολυπλοκότητα του θέματος αυτού είναι η απαιτούμενη ανθρώπινη παρουσία. Σε μία βιομηχανική μονάδα οι απαιτήσεις ασφάλειας είναι αρκετά πιο απλές, καθώς η λειτουργία ενός ρομπότ μπορεί να διακοπεί, εάν αυτό κριθεί απαραίτητο, χωρίς να απαιτείται η φυσική παρουσία του ανθρώπου στο άμεσο περιβάλλον εργασίας του ρομποτικού αυτού συστήματος. Στον ιατρικό τομέα, εντούτοις, τα χειρουργικά ρομπότ εργάζονται κοντά στον χειρουργό, αφού τον υποβοηθούν στις επεμβάσεις χωρίς να τον αντικαθιστούν, μέσα σε ένα χαοτικό, χρονικά μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Από αυτή την οπτική γωνία τα ιατρικά ρομπότ απαιτούνται να έχουν αυξημένες ικανότητες (αισθητήριες κ.λ.π.), γεγονός που εμφανίζει νέα ανυπέρβλητα εμπόδια για τους σχεδιαστές και ωθεί τη σύγχρονη τεχνολογία στα όριά της.

Οι συνέπειες από ένα σφάλμα αποτελούν ακόμη ένα σημαντικό ζήτημα. Αυτό το πρόβλημα δε σχετίζεται μόνο με την παρουσία του ιατρικού προσωπικού κοντά στο χειρουργικό ρομπότ, αλλά και με την ίδια τη φύση της εργασίας του συστήματος, η οποία περιλαμβάνει τυπικά έναν άνθρωπο (τον ασθενή). Στο βιομηχανικό περιβάλλον, για παράδειγμα, το ρομπότ επαναλαμβάνει αυτόματα ένα σύνολο από προκαθορισμένες ενέργειες, χωρίς να παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο εάν το αντικείμενο πάνω στο οποίο αυτό εργάζεται είναι ένα αυτοκίνητο, ένας μεταλλικός σωλήνας ή ένας μικροεπεξεργαστής. Μέσα στη χειρουργική αίθουσα όμως, κάθε ασθενής έχει τα δικά του, διακεκριμένα χαρακτηριστικά, γεγονός που καθιστά μία ομοιόμορφη προσέγγιση, ανάλογη της βιομηχανικής παραγωγής, εντελώς ανέφικτη.

Πιθανοί λόγοι που θα μπορούσαν να πλήξουν την ασφάλεια μίας χειρουργικής επέμβασης με ρομπότ είναι η ελαττωματική σχεδίαση, μία ενδεχόμενη δυσλειτουργία μέρους του υλικού ή λογισμικού του συστήματος καθώς και τυχόν παρερμηνεία ή έλλειψη σωστών αποσαφηνιστικών λεπτομερειών (specifications). Η βελτίωση των κρίσιμων αυτών για την ασφάλεια παραμέτρων συνεπάγεται συνήθως αύξηση του κόστους του συστήματος, της πολυπλοκότητάς του ή και των δύο.

Η ιδέα της ολικής ασφάλειας έχει ουσιαστικά ουτοπικό χαρακτήρα. Διαφορετικές τεχνικές για τη μεγιστοποίησή της προσφέρουν διαφορετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Όλες όμως αποβλέπουν στη διατήρηση της ολικής πιθανότητας σφάλματος στο ελάχιστο δυνατό επίπεδο. Μία κοινή τεχνική είναι να περιλαμβάνουν τα ρομποτικά συστήματα παθητικούς και ενεργητικούς μηχανισμούς ασφάλειας κατά τον μηχανολογικό σχεδιασμό των χειριστηρίων. Ίσως τελικά, περισσότερο σημαντικό από την πιθανότητα εμφάνισης ενός σφάλματος να είναι η ικανότητα έγκαιρης διάγνωσης του σφάλματος, ώστε να αποτραπούν ενδεχόμενοι παρακείμενοι κίνδυνοι από αυτό και το ρομποτικό σύστημα να “αποτύχει” με ασφάλεια. Σε μία τέτοια

περίπτωση η επέμβαση θα ολοκληρωνόταν από τον ίδιο τον χειρουργό χωρίς τη συμμετοχή του χειρουργικού ρομπότ. Μερικοί ειδικοί της ρομποτικής τεχνολογίας βεβαιώνουν ότι είναι σημαντικό ο έλεγχος της διαδικασίας να βρίσκεται στα χέρια του χειρουργού, ακόμη και στην καθοδηγούμενη από εικόνα χειρουργική επέμβαση. Καθώς, πάντως, η εμπειρία μας από τη χρήση ρομποτικών χειρουργικών συστημάτων μεγαλώνει, το επίπεδο αυτονομίας του ελέγχου μπορεί να αυξηθεί. Είναι, εντούτοις, ιδιαίτερα σημαντικό να σχεδιαστούν συστήματα διεπαφής χρήστη (user interface) τέτοια ώστε να παρέχουν πλήρη ενημέρωση στο χειρουργό για την κατάσταση του συστήματος. Η ασφάλεια τελικά αποτελεί ένα πολυδιάστατο θέμα το οποίο δεν έχει να κάνει μόνο με την κλινική αποδοχή αλλά και με άλλα ζητήματα, όπως είναι για παράδειγμα η ορθολογική χρήση των προσωπικών δεδομένων του ασθενή, τα στάδια αξιολόγησης μέσα από τα οποία πρέπει να περάσει το σύστημα κ.ά.

Κεφάλαιο 3^ο Πληροφορική της υγείας και ρομποτική χειρουργική

3.1 Τηλεϊατρική

Με τον όρο τηλεϊατρική αναφερόμαστε στη συνδυασμένη χρήση των τηλεπικοινωνιών και της πληροφορικής για την παροχή υπηρεσιών υγείας και ιατρικής εκπαίδευσης από απόσταση. Η τηλεϊατρική χρησιμοποιεί ηλεκτρονικά μηνύματα για να μεταφέρει ιατρικά δεδομένα από ένα μέρος σε ένα άλλο (π.χ. βιοσήματα, εργαστηριακές αναλύσεις, 2D και 3D εικόνες από απεικονιστικές διατάξεις, δεδομένα ιατρικού φακέλου). Τα ιατρικά αυτά δεδομένα μπορούν να αποστέλλονται μαζί και με συνοδευτικά δεδομένα, όπως είναι η φωνή (audio) και η κινούμενη εικόνα (video). Η μεταφορά των δεδομένων μπορεί να είναι μονόδρομη ή αμφίδρομη, μέσω του απλού τηλεφωνικού δικτύου, του internet, μέσω ενός Intranet, μίας δορυφορικής ζεύξης κ.λ.π

Ο απώτερος σκοπός της τηλεϊατρικής είναι να συμβάλλει αποφασιστικά στη βελτίωση των υπηρεσιών υγείας και πρόνοιας και στην ορθολογικότερη διαχείριση των πόρων προς όφελος του πολίτη. Άρτια εκπαιδευμένοι ιατροί μπορούν να δώσουν λύση σε σημαντικά προβλήματα υγείας παρέχοντας τις ιατρικές τους γνώσεις με τη μορφή διάγνωσης, δεύτερης γνώμης ή συμβουλευτικής οδηγίας με τη βοήθεια προηγμένων συστημάτων τηλεματικής. Η τηλεϊατρική προσφέρει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών ενώ παράλληλα μπορεί να βοηθήσει στην παραμονή ιατρών και νοσηλευτικού προσωπικού σε γεωγραφικά απομονωμένες περιοχές. Επιτρέπει την εικονική συνάντηση ασθενών και ιατρών σε πραγματικό χρόνο, τη διάγνωση, την

παροχή ιατρικών συμβουλών, την αντιμετώπιση περιστατικών χωρίς την ταυτόχρονη φυσική παρουσία του ιατρού με τον ασθενή, την εκπαίδευση φοιτητών και ειδικευόμενων ιατρών από απόσταση κ.ά.

Η ιστορία της τηλεϊατρικής ξεκινά τη δεκαετία του '70. Οι πρώτες εφαρμογές τηλεϊατρικής αφορούσαν την παροχή ιατρικών συμβουλών και οδηγιών μέσω ασυρμάτου σε πλοία σε περιπτώσεις έκτακτων ιατρικών περιστατικών. Στην πορεία όμως, λόγω της εμφάνισης των πρώτων υπολογιστικών συστημάτων τη δεκαετία του '80 και της αλματώδους ανάπτυξης των τηλεπικοινωνιακών δικτύων τη δεκαετία του '90, η τηλεϊατρική γνώρισε ραγδαία ανάπτυξη με πιο εξελιγμένες και εξειδικευμένες εφαρμογές, οι πιο σημαντικές από τις οποίες περιγράφονται παρακάτω.

Η τηλεδιάγνωση και η τηλεσυμβουλευτική είναι η παροχή εξειδικευμένης ιατρικής γνώσης με τη μορφή διάγνωσης ή συμβουλευτικής μέσω της χρήσης τηλεματικών συστημάτων. Στην κλασική της μορφή, κλινικά στοιχεία, όπως είναι π.χ. οι ακτινογραφίες και τα καρδιογραφήματα, μεταδίδονται σε ψηφιακή μορφή μέσω δικτύου από τον “μη εξειδικευμένο” ιατρό σε κάποιον περισσότερο “εξειδικευμένο” ιατρό, ο οποίος αφού τα εξετάσει στον υπολογιστή του προχωράει στη διάγνωση της εξέτασης, την οποία και επιστρέφει μαζί με οδηγίες πίσω στον “μη εξειδικευμένο” ιατρό. Η μετάδοση μπορεί να γίνεται τοπικά, π.χ. εντός ενός νοσοκομείου, αλλά και από απόσταση, μεταξύ κέντρων υγείας και νοσοκομείων.

Παρότι είναι δυνατή η μετάδοση ενός μεγάλου αριθμού εξετάσεων οι περισσότερες εφαρμογές της τηλεδιάγνωσης, επί του παρόντος τουλάχιστον, περιορίζονται στη μετάδοση ακτινολογικών εικόνων, καρδιογραφημάτων, εικόνων μικροσκοπίου κ.ά. Έτσι, οι πιο διαδεδομένες εφαρμογές της μέχρι σήμερα είναι η τηλεακτινολογία, η τηλεκαρδιολογία, η τηλεπαθολογία, η τηλεοφθαλμολογία και η τηλεδερματολογία, ενώ χρησιμοποιείται τηλεδιάγνωση επίσης στη νευρολογία και την ψυχιατρική.

Στην πιο συνηθισμένη μορφή τους οι παραπάνω εφαρμογές υλοποιούνται με τη μετάδοση των ιατρικών εξετάσεων σε ψηφιακή μορφή. Συνεπώς, ανεξάρτητα από το είδος της εφαρμογής, ο βασικός εξοπλισμός που είναι απαραίτητος για την υλοποίηση μίας τέτοιας τηλεϊατρικής εφαρμογής είναι:

- μία συσκευή που συλλέγει τα ιατρικά δεδομένα, π.χ. ακτινολογικό μηχάνημα, ηλεκτροκαρδιογράφος, μικροσκόπιο κ.λ.π.
- μία συσκευή ψηφιοποίησης της ιατρικής πληροφορίας, στην περίπτωση που τα παραγόμενα ιατρικά δεδομένα είναι σε αναλογική μορφή, π.χ. x-ray scanner, camera/frame grabber, ψηφιακός καρδιογράφος κ.λ.π.
- ο τηλεπικοινωνιακός εξοπλισμός για τη μετάδοση των ψηφιακών δεδομένων μέσω ενσύρματης ή ασύρματης ζεύξης.

- διάταξη απεικόνισης των δεδομένων με οθόνες υψηλής ανάλυσης, ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής

Η τηλεακτινολογία είναι η μετάδοση ακτινολογικών εικόνων από ένα σημείο σε ένα άλλο για γνωμάτευση ή απλά για συμβουλευτικούς σκοπούς μέσω υπολογιστή χρησιμοποιώντας ενσύρματες ή ασύρματες ζεύξεις. Λόγω του γεγονότος ότι η μετάδοση αφορά ψηφιακή πληροφορία, απαιτείται η σύλληψη της εικόνας σε ψηφιακή μορφή. Στην περίπτωση που το απεικονιστικό μηχάνημα δε διαθέτει ψηφιακή έξοδο, πράγμα που συμβαίνει στα περισσότερα ακτινολογικά μηχανήματα, υπερηχογράφους και σε αρκετούς αξονικούς και μαγνητικούς τομογράφους, είναι απαραίτητη η ψηφιοποίηση της εικόνας χρησιμοποιώντας είτε ψηφιοποιητές ακτινολογικού φιλμ (film scanners), είτε frame grabbers συνδεδεμένους απευθείας στην έξοδο composite video της απεικονιστικής διάταξης.

Η πρώτη λύση χρησιμοποιείται συνήθως για την ψηφιοποίηση ακτινογραφιών, ενώ η δεύτερη για την ψηφιοποίηση εικόνων αξονικών/μαγνητικών τομογράφων, υπερηχογράφων και εικόνων πυρηνικής ιατρικής. Η ψηφιοποίηση ενός ακτινολογικού φιλμ μπορεί να γίνει είτε μέσω ενός συστήματος διαφανοσκόπιου/βιντεοκάμερας είτε με τη βοήθεια ενός film scanner. Στην πρώτη περίπτωση, το φιλμ φωτίζεται μέσω του διαφανοσκόπιου και η εικόνα ψηφιοποιείται με τη βοήθεια μίας βιντεοκάμερας υψηλής ευκρίνειας. Η τεχνική αυτή, παρότι οικονομική, παρουσιάζει αρκετά μειονεκτήματα, όπως είναι η ανομοιομορφία της φωτεινότητας και η δυσκολία στη χρήση (τοποθέτηση του φιλμ και ανάκτηση της πληροφορίας). Τα τελευταία χρόνια, ωστόσο, τα συστήματα τηλεακτινολογίας διαθέτουν εξειδικευμένες συσκευές ψηφιοποίησης ακτινολογικών φιλμ, τα λεγόμενα film scanners, οι οποίες χρησιμοποιούν τεχνολογία CCD ή laser. Βασικότερα πλεονεκτήματά τους είναι η αυτοματοποίηση της διαδικασίας ψηφιοποίησης και η υψηλή ποιότητα και πιστότητα αυτής. Μοναδικό μειονέκτημά τους είναι το σχετικά υψηλό κόστος, το οποίο όμως με την πάροδο του χρόνου μειώνεται.

Η τεχνολογία CCD (Charge Coupled Device) στηρίζεται στη λειτουργία φωτοευαίσθητων κυττάρων τα οποία μετατρέπουν τη φωτεινή ροή που προσπίπτει πάνω τους σε ρεύμα ηλεκτρονίων. Κάθε στοιχείο της εικόνας (pixel) που προκύπτει αντιστοιχεί στο αρχικό ρεύμα από ένα κύτταρο. Η τεχνολογία των ψηφιοποιητών laser, από την άλλη, θεωρείται καλύτερη για εφαρμογές τηλεακτινολογίας γιατί παρέχει συνήθως μεγαλύτερη ανάλυση (resolution) και καλύτερη αντίθεση (contrast), αλλά με σημαντική επιβάρυνση του κόστους των συσκευών.

Παρά την τεχνική της πολυπλοκότητα, η τηλεακτινολογία αποτελεί την πλέον διαδεδομένη εφαρμογή της τηλεϊατρικής, ιδίως στις Η.Π.Α. όπου δαπανώνται αρκετές εκατοντάδες εκατομμύρια δολάρια ετησίως για την εγκατάσταση και τη λειτουργία συστημάτων τηλεακτινολογίας.

Οι πρώτες εφαρμογές τηλεκαρδιολογίας εμφανίστηκαν εδώ και 70 χρόνια με τη χρήση ευαίσθητων μικρόφωνων συνδεδεμένων στο τηλεφωνικό δίκτυο για την “τηλεακρόαση” καρδιακών ήχων και αναπνευστικών ακροαστικών ευρημάτων. Η ανάπτυξη της τηλεκαρδιολογίας όμως ξεκίνησε ουσιαστικά τη δεκαετία του '70, όταν χρησιμοποιήθηκε η τηλεομοιοτυπία (fax) για τη μετάδοση καρδιογραφικών και εγκεφαλογραφικών εκτυπώσεων μέσω του τηλεφωνικού δικτύου. Παρόλα αυτά, μόνο σχετικά πρόσφατα έγινε δυνατή η διάγνωση ηχοκαρδιογραφημάτων από απόσταση.

Η πιο συνηθισμένη εφαρμογή τηλεκαρδιολογίας αφορά στη μετάδοση ηλεκτροκαρδιογραφημάτων (ΗΚΓ) για διαγνωστικούς σκοπούς. Η εφαρμογή απαιτεί τη χρήση ενός ψηφιακού καρδιογράφου για την ανάκτηση σε ψηφιακή μορφή του καρδιογραφήματος, ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου (συνήθως απλό τηλεφωνικό δίκτυο), κι ενός υπολογιστικού σταθμού για την αποθήκευση και απεικόνιση του ΗΚΓ. Για να υπάρχει η δυνατότητα διασύνδεσης μεταξύ διαφορετικών συστημάτων η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Προτυποποίησης (CEN) έχει καθορίσει ως πρωτόκολλο μετάδοσης ψηφιακών καρδιογραφημάτων το Health Level 7 (HL7).

Η τηλεπαθολογία είναι η χρήση τηλεπικοινωνιακών και υπολογιστικών μέσων για τη διευκόλυνση παθολογοανατομικών εξετάσεων από απόσταση. Ήδη από το 1968 είχε αναπτυχθεί μία πειραματική διάταξη η οποία, με τη χρήση μίας μονόχρωμης κάμερας συνδεδεμένης σε ένα μικροσκόπιο, μετέδιδε παθολογοανατομικές εικόνες μέσω μίας μικροκυματικής ζεύξης. Παρότι η εφαρμογή δεν είχε κλινικό χαρακτήρα, πέτυχε να αναδείξει τις δυνατότητες ανάπτυξης τέτοιων τηλεϊατρικών εφαρμογών. Το 1986, με τη χρήση δορυφορικών διαύλων και μίας κάμερας υψηλής ευκρίνειας συνδεδεμένης σε ένα ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, έγινε δυνατή η μετάδοση εικόνων βιοψίας υψηλής ανάλυσης αλλά και ο μηχανικός έλεγχος του μικροσκοπίου από απόσταση (εστίαση, μεγέθυνση κ.λ.π.).

Οι εφαρμογές τηλεπαθολογίας μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες :

- στη στατική τηλεπαθολογία, όπου μία ή περισσότερες στατικές εικόνες συλλέγονται, αποθηκεύονται προσωρινά και στη συνέχεια μεταδίδονται off-line με διάφορους τρόπους (www, ftp, videotelephony) για διάγνωση.
- στην κινητική τηλεπαθολογία που περιλαμβάνει τις περιπτώσεις χειρισμού του μικροσκοπίου από απόσταση.
- στη δυναμική τηλεπαθολογία, η οποία περιλαμβάνει την ικανότητα αποστολής έγχρωμων μη συμπιεσμένων εικόνων σε πραγματικό χρόνο σε συνδυασμό με τον μηχανικό έλεγχο του μικροσκοπίου από απόσταση.

Για όποια εφαρμογή τηλεπαθολογίας και αν μιλάμε, ο τυπικός εξοπλισμός περιλαμβάνει μία κάμερα υψηλής ευκρίνειας συνδεδεμένης σε

ένα μικροσκόπιο, έναν υπολογιστικό σταθμό ψηφιοποίησης, κωδικοποίησης, και μετάδοσης εικόνας, ηλεκτρομηχανικά συστήματα για τον έλεγχο του μικροσκόπιου και της κάμερας, καθώς και το υπολογιστικό σύστημα λήψης, απεικόνισης και αποθήκευσης στην πλευρά του ειδικευμένου ιατρού. Είναι σαφές ότι τα κρίσιμα χαρακτηριστικά είναι η διακριτική ικανότητα του συστήματος ψηφιοποίησης και απεικόνισης των δεδομένων (για όλες τις περιπτώσεις τηλεπαθολογίας) και το εύρος ζώνης του τηλεπικοινωνιακού δικτύου για την περίπτωση της δυναμικής εφαρμογής.

3.2 Τηλεπερίθαλψη - Τηλεφροντίδα

Οι τελευταίες δεκαετίες έχουν επιφέρει μία εκρηκτική αύξηση στην ικανότητά μας να συλλέγουμε, να αποθηκεύουμε, να επεξεργαζόμαστε και να διαχειριζόμαστε δεδομένα. Πέρα από τις συμβατικές μεθόδους, τα δεδομένα που αφορούν την υγεία μπορούν σήμερα να συλλέγονται σε μία ποικιλία διαφόρων τύπων μέσων αποθήκευσης από νέο, πιο εξελιγμένο τεχνολογικό εξοπλισμό, όπως είναι οι φορητές ψηφιακές συσκευές, οι συσκευές παλάμης, οι κάρτες υγείας και μία πληθώρα αισθητήρων.

Κλινικά, εργαστηριακά, γενετικά δεδομένα και δεδομένα εικόνων και διαχείρισης αποθηκεύονται πλέον σε κατανεμημένα, ηλεκτρονικά αρχεία υγείας και ετερογενή πληροφοριακά συστήματα ανοικτής αρχιτεκτονικής, με σκοπό την εύκολη και γρήγορη πρόσβαση στην ιατρική φροντίδα και τη διασφάλιση της ποιότητας και της συνέχειας αυτής.

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για την ανάπτυξη “έξυπνων” βιοϊατρικών συσκευών, οι οποίες να μπορούν να αλλάξουν σε σημαντικό βαθμό τον τρόπο με τον οποίο παρέχεται η φροντίδα υγείας σε ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού. Για παράδειγμα, ασθενείς που πάσχουν από χρόνιες παθήσεις, όπως διαβήτης ή νευρολογικές διαταραχές, ηλικιωμένοι και ομάδες ανθρώπων με αναπηρίες έχουν την ανάγκη να ελέγχουν εύκολα την κατάσταση της υγείας τους πολλές φορές σε καθημερινή βάση. Ο έλεγχος αυτός θα μπορούσε να πραγματοποιείται χωρίς την ανάγκη μετακίνησης του ασθενούς από το σπίτι ή το χώρο εργασίας του, χάρις στις εξελίξεις στην τεχνολογία των επικοινωνιών, των ψηφιακών συσκευών και αισθητήρων που μπορούν να εξάγουν πληροφορία από το σώμα του ασθενούς και το περιβάλλον του.

Οι ηλεκτρονικές αυτές συσκευές μπορούν να είναι είτε φορητές, είτε ακόμη και φορετές, στο σώμα ή τα ρούχα του ασθενούς, και έχουν την ικανότητα να ανιχνεύουν αποκλίσεις στις μετρήσεις σημάτων ζωτικής σημασίας από τις αντίστοιχες φυσιολογικές τιμές κατά τη διάρκεια των καθημερινών δραστηριοτήτων του ατόμου. “Ευφυή” προσωπικά συστήματα και εξατομικευμένες ηλεκτρονικές υπηρεσίες αναπτύσσονται διεθνώς για τη

βελτίωση της παροχής ιατρικής φροντίδας μέσω συνεχούς, οικονομικής και αποτελεσματικής παρακολούθησης των δεδομένων φυσιολογίας από το εσωτερικό του σώματος του ασθενούς. Η έρευνα εστιάζεται στην ολοκλήρωση διάφορων βιοϊατρικών αισθητήρων και άλλων ψηφιακών συσκευών σε ένα ενοποιημένο και φιλικό προς το χρήστη φορετό ένδυμα, όπως είναι, για παράδειγμα, το Smart Shirt (Sensatex, Η.Π.Α.) και το Medical Assistance Suit (VTAMN, Γαλλία).

Τέτοιου είδους “έξυπνα” βιοϊατρικά ενδύματα με ενσωματωμένα ηλεκτρονικά μπορούν να επεκτείνουν μελλοντικά τις δυνατότητες εποπτείας των βιοσημάτων του ασθενούς που τα φέρει.

Τηλεφροντίδα, ή κατ’οίκον φροντίδα (telecare), είναι η παροχή από απόσταση υπηρεσιών φροντίδας υγείας στο σπίτι ενός πολίτη με τη χρήση νέων τεχνολογιών. Οι τελευταίες περιλαμβάνουν ασύσματος και κινητές επικοινωνίες, ψηφιακές κάμερες και συστήματα ελέγχου από απόσταση, διάφορους τύπους αισθητήρων και ενεργοποιητών, ψηφιακές ιατρικές συσκευές, συσκευές παλάμης, κάρτες και ηλεκτρονικά αρχεία υγείας. Οι τεχνολογίες αυτές είναι ικανές να υποστηρίζουν εφαρμογές τηλεεποπτείας (telemonitoring), παροχής βοήθειας στο σημείο ανάγκης, υπηρεσίες τηλεσυμβουλευτικής (teleconsultation), αυτόματο έλεγχο και υπηρεσίες συντήρησης των ιατρικών συσκευών και του οικιακού ηλεκτρονικού εξοπλισμού από απόσταση, διαφυλλάσσοντας παράλληλα την ασφάλεια, την ιδιωτικότητα και το απόρρητο των ιατρικών δεδομένων του ασθενούς.

Ένα σύστημα τηλεφροντίδας έχει ως στόχο να παρέχει τις συγκεκριμένες υπηρεσίες σε πραγματικό χρόνο βασιζόμενο στις μετρήσεις των φυσιολογικών παραμέτρων που λαμβάνονται από το σώμα και το περιβάλλον του ατόμου (π.χ. ηλεκτροκαρδιογράφημα, παλμοί της καρδιάς, πίεση αίματος, θερμοκρασία, αναπνοή). Τα δεδομένα αποστέλλονται με την απαιτούμενη ασφάλεια μέσω δικτύου σε ένα κεντρικό, πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα ελέγχου στην ιατρική μονάδα, όπου επεξεργάζονται, αξιολογούνται και κατόπιν αποθηκεύονται σε μεγάλες βάσεις δεδομένων. Η κεντρική αυτή μονάδα ελέγχου εκτελεί 24ωρο έλεγχο και συγχρονίζει όλες τις δραστηριότητες των κόμβων του δικτύου μέσω συστημάτων επικοινωνίας και ειδοποίησης στο σπίτι του ατόμου. Ένα τέτοιο σύστημα τηλεφροντίδας έχει την ικανότητα να ελέγχει επανειλημμένα και να αξιολογεί την κατάσταση της υγείας του ασθενούς, να παρέχει οικονομικές υπηρεσίες τηλεϊατρικής υψηλής ποιότητας σε αυτόν και να εξασφαλίζει τη συνεργασία του με επαγγελματίες υγείας διαφόρων ειδικοτήτων [ΤΗΛΕΪΑΤΡΙΚΗ]

Στον Ελλαδικό χώρο οι υπηρεσίες άμεσης βοήθειας προσφέρονται από το Εθνικό Κέντρο Άμεσης Βοήθειας (ΕΚΑΒ). Οι υπηρεσίες αυτές συνίστανται στην παροχή άμεσης βοήθειας για την αρχική υποστήριξη και αντιμετώπιση των έκτακτων ιατρικών περιστατικών κατά τη μεταφορά των ασθενών σε οργανωμένες μονάδες επείγουσας ιατρικής, όπως είναι π.χ. οι σταθμοί πρώτων βοηθειών, τα εξωτερικά ιατρεία επειγόντων περιστατικών και οι

μονάδες εντατικής θεραπείας των νοσηλευτικών ιδρυμάτων κ.λ.π. Τα προβλήματα επείγουσας ιατρικής στην Ελλάδα εντείνονται εξαιτίας της γεωγραφικής ανομοιομορφίας της χώρας (ορεινά χωριά, μεγάλος αριθμός νησιών) και της άνισης κατανομής του πληθυσμού της.

Η ποιότητα της παρεχόμενης περίθαλψης πρώτης φροντίδας στον ασθενή κατά τη διάρκεια της διακομιδής του εξαρτάται πολλές φορές από το ιατρικό ιστορικό αυτό και τις πρωτοβουλίες που λαμβάνει το προσωπικό του διακομιστικού σταθμού. Πολλά ιατρικά περιστατικά απαιτούν περίθαλψη εξειδικευμένης μορφής, επιβάλλοντας έτσι τη συνεργασία περισσότερων της μίας ιατρικών ειδικοτήτων. Για τους λόγους αυτούς έχει διαπιστωθεί η ανάγκη για διασύνδεση σε ένα ενοποιημένο τηλεπικοινωνιακό δίκτυο των κεντρικών νοσηλευτικών ιδρυμάτων με περιφερειακά νοσοκομεία, κέντρα υγείας, σταθμούς πρώτων βοηθειών και αγροτικά ιατρεία με παράλληλη υποστήριξη των διακομιστικών σταθμών πρώτων βοηθειών (E.K.A.B., ασθενοφόρα) για τη λήψη βέλτιστων αποφάσεων σε σύντομο χρονικό διάστημα. Είναι προφανές ότι η εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών στην ιατρική, και ειδικότερα η τηλεϊατρική, μπορεί να δώσει λύση σε τέτοιου είδους προβλήματα.

3.3 Τηλεχειρουργική

Η ιστορία της τηλεχειρουργικής ξεκινά ουσιαστικά με την ανάπτυξη της ελάχιστα επεμβατικής χειρουργικής (MIS), καθώς για πρώτη φορά μέχρι τότε ο χειρουργός αρχίζει να χρησιμοποιεί, αντί για την απευθείας οπτική επαφή με το χειρουργικό πεδίο, ισοδύναμο πληροφορίας (οθόνη βίντεο) και χειρουργικά εργαλεία των οποίων αδυνατεί να δει την άκρη (παρά μόνο στην οθόνη του βίντεο). Το κανάλι επικοινωνίας μεταξύ χειρουργού και χειρουργικού πεδίου παύει να στηρίζεται στις φυσικές αισθήσεις του πρώτου, αλλά αντικαθίσταται από το ψηφιακό κανάλι της λαπαροσκοπικής κάμερας που του παρέχει τώρα την απαιτούμενη πληροφορία και τη δυνατότητα ελέγχου των χειρουργικών του κινήσεων. Με την MIS, ο χειρουργός χάνει την αίσθηση της αφής, το φυσικό συντονισμό όρασης και χεριών και την επιδεξιότητα που του προσέφερε η μέθοδος της ανοικτής χειρουργικής και επαφίεται πια στην ποιότητα της ψηφιακής πληροφορίας που λαμβάνει στην οθόνη και την ανάπτυξη νέων δεξιοτήτων.

Η μεγαλύτερη δυσκολία της MIS για το χειρουργό, και ειδικότερα της τηλεχειρουργικής, είναι η θέση από την οποία καλείται αυτός να χειρουργήσει τον ασθενή. Ενώ στην κλασική χειρουργική το μάτι, το χέρι και το όργανο-στόχος του χειρουργικού πεδίου παραμένουν πάντα στον ίδιο άξονα, στην ελάχιστα επεμβατική μέθοδο ο άξονας αυτός διαταράσσεται και συχνά απουσιάζει εντελώς. Αν αναλογιστεί κανείς ότι στην καθημερινή ζωή

οποιαδήποτε πράξη εκτελείται πάντα στον άξονα χέρι-αντικείμενο, είναι εύκολο να αντιληφθεί τις δυσκολίες που συνάντησε η ελάχιστη επεμβατική χειρουργική κατά την εδραίωσή της. Όμως, η υπέρβαση αυτού του εμπόδιου είναι που άνοιξε τις θύρες της τηλεχειρουργικής, αφού ο χειρουργός μπορούσε πια να εκτελεί επεμβάσεις χωρίς να έχει άμεση οπτική επαφή με το χειρουργικό πεδίο.

Η τηλεχειρουργική είναι ένας τομέας της τηλεϊατρικής που αναπτύσσεται τα τελευταία χρόνια και παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον. Το βασικό έρεισμα στην ανάπτυξη της τηλεχειρουργικής είναι η ανάγκη μετάδοσης και διάχυσης των εξειδικευμένων χειρουργικών τεχνικών και γνώσεων διευκολύνοντας την αρτιότερη και αποτελεσματικότερη εκπαίδευση και διάδοση των λαπαροσκοπικών χειρουργικών διαδικασιών. Η ανάπτυξη και κλινική εφαρμογή ρομποτικών συστημάτων όπως είναι τα Zeus και da Vinci επιτρέπει τη χειρουργική επέμβαση στον ασθενή από απόσταση, ωστόσο οι εφαρμογές τους δεν εμπίπτουν αμιγώς στο πεδίο της τηλεχειρουργικής, καθώς τελικά ο χειρουργός βρίσκεται στην ίδια χειρουργική αίθουσα με τον ασθενή, ή τουλάχιστον σε τέτοια απόσταση που του επιτρέπεται η διακοπή της λειτουργίας του συστήματος ανά πάσα στιγμή και η συνέχιση της χειρουργικής διαδικασίας από τον ίδιο.

Σήμερα η τηλεχειρουργική μπορεί να βοηθήσει ως η αμφίδρομη μετάδοση εικόνας και ήχου που επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ χειρουργών μικρής εμπειρίας στα χειρουργεία και χειρουργών μεγαλύτερης εμπειρίας σε απομακρυσμένες περιοχές. Η χρήση ρομποτικών συσκευών επιτρέπει στους απομακρυσμένους χειρουργούς να συμμετέχουν ενεργά στη χειρουργική διαδικασία. Είναι αυτονόητο ότι πέρα από τις αυξημένες τηλεπικοινωνιακές υποδομές που η εφαρμογή αυτή απαιτεί, απαιτείται και πολύ εξειδικευμένο λογισμικό και υλικό ώστε να είναι εφικτή η προσομοίωση, στον απομακρυσμένο σταθμό, της κατάστασης που επικρατεί στο χειρουργείο. Για το σκοπό αυτό, απαιτούνται συνήθως συστήματα εικονικής πραγματικότητας (virtual reality) που επιτρέπουν στους απομακρυσμένους χειρουργούς να έχουν μία ολοκληρωμένη εικόνα της όλης διαδικασίας. Η τηλεχειρουργική προϋποθέτει τη μεταβίβαση πληροφορίας στο χειρουργό με τέτοιο τρόπο και σε τέτοια έκταση και λεπτομέρεια ώστε αυτός να νοιώθει παρών στο φυσικό περιβάλλον της εκτελούμενης από το ρομποτικό βραχίονα χειρουργικής επέμβασης. Σε ένα ολοκληρωμένο μοντέλο τηλεχειρουργικής, ο χειρουργός βρίσκεται σε μία ειδική κονσόλα μέσω της οποίας λαμβάνει διαισθητική πληροφορία (εικόνα, ήχο, αίσθηση της αφής), έτσι ώστε να αισθάνεται σαν να ήταν πραγματικά παρών στην ίδια χειρουργική αίθουσα με τον ασθενή. Μεταξύ αυτών των δύο μπορεί να μεσολαβούν από μερικά μέτρα μέχρι μερικές χιλιάδες χιλιόμετρα ενσύρματου ή ασύρματου δικτύου. Στην πλευρά του ασθενούς βρίσκονται ένας ή περισσότεροι ρομποτικοί βραχίονες, οι οποίοι και εκτελούν τη χειρουργική επέμβαση υπό τις εντολές και τον έλεγχο του χειρουργού.

Η τηλεχειρουργική υπόσχεται δύο σημαντικά πλεονεκτήματα που αποτελούν και τους κινητήριους μοχλούς για την ανάπτυξη της απαραίτητης τεχνολογίας: (α) τη δυνατότητα χειρουργικής παρουσίας σε απομακρυσμένα μέρη και (β) τη δυνατότητα ενίσχυσης της χειρουργικής δεξιάτητας. Η δυνατότητα χειρουργικής παρουσίας στον τόπο μίας φυσικής καταστροφής, στο μέτωπο πολεμικών επιχειρήσεων, σε γεωγραφικά απομονωμένες περιοχές ή ακόμη και στο διάστημα είναι πραγματικά ελκυστική. Το σημαντικότερο ίσως όμως πλεονέκτημα της τηλεχειρουργικής είναι η δυνατότητα να μετατρέπει μία δυσπρόσιτη ανατομική περιοχή του ασθενούς σε ένα εργονομικό χειρουργικό πεδίο και να ενισχύει την ακρίβεια, τη σταθερότητα και την ποιότητα της απτικής αίσθησης, επιτρέποντας έτσι την εκτέλεση μικροχειρουργικών επεμβάσεων από απόσταση.

Χρησιμοποιώντας εξελιγμένο λογισμικό για εφαρμογές τηλεσυνδιάσκεψης, ένας έμπειρος χειρουργός έχει σήμερα τη δυνατότητα να επιτηρεί και να συμβουλεύει από απόσταση άλλους συναδέλφους σε απομακρυσμένες περιοχές, ή ακόμη και να καθοδηγεί τη χειρουργική επέμβαση σαν να ήταν και ο ίδιος μέρος της συνολικής διαδικασίας. Οι πρώτες εγχειρήσεις που εκτελέστηκαν υπό την καθοδήγηση χειρουργού που βρισκόταν σε απόσταση από τον ασθενή και τη χειρουργική αίθουσα (telementoring) πραγματοποιήθηκαν το 1999 στη Σιγκαπούρη σε σύνδεση με το νοσοκομείο John Hopkins στη Βαλτιμόρη των Η.Π.Α

Το συγκεκριμένο νοσοκομείο έχει τηλεκαθοδηγήσει αρκετές επεμβάσεις σε διάφορα μέρη του κόσμου, μεταξύ των οποίων είναι η Ταϊλάνδη, η Αυστρία, η Ιταλία και η Σιγκαπούρη. Η τηλεκαθοδήγηση των χειρουργικών αυτών επεμβάσεων βασίστηκε σε μία πλατφόρμα τηλεσυνδιάσκεψης που περιελάμβανε ήχο και βίντεο σε πραγματικό χρόνο και έλεγχο από απόσταση ενός ρομποτικού βραχίονα AESOP 1000TS για χρήση της λαπαροσκοπικής κάμερας και ενός ηλεκτροκαυτήρα σε καθεμία από τις απομακρυσμένες περιοχές. Η εφαρμογή πραγματοποιήθηκε μέσω τριών ψηφιακών γραμμών ISDN με ρυθμό μετάδοσης 384 Kbps/sec, ενώ ο έλεγχος του ρομποτικού βραχίονα μέσω μίας ξεχωριστής αναλογικής γραμμής (POTS) στα 9600 baud. Μία δεύτερη αναλογική γραμμή στα 28.8 Kbps χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο του ηλεκτροκαυτήρα. Ο χειρουργός στη Βαλτιμόρη είχε ανά πάσα στιγμή τη δυνατότητα να διακόψει τη λειτουργία του ρομποτικού συστήματος με ένα πεντάλ ελέγχου.

Οι χειρουργικές επεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν περιελάμβαναν εκτομές κισσοκήλης, νεφρεκτομές, επινεφριδεκτομές και χολοκυστεκτομές και εκτελέστηκαν με τηλεκαθοδήγηση από απόσταση 7200 Km έως και 17600 Km, ανάλογα με την περιοχή στην οποία βρισκόταν ο εκάστοτε ασθενής. Όλες οι επεμβάσεις ολοκληρώθηκαν με επιτυχία, χωρίς επιπλοκές για τους ασθενείς ή δυσλειτουργίες του συστήματος. Ο χρόνος καθυστέρησης του σήματος, από τη Βαλτιμόρη στην απομακρυσμένη χειρουργική αίθουσα και πάλι πίσω, δεν είχε αισθητή επίπτωση στις επεμβάσεις με τηλεκαθοδήγηση. Αν και η μέση όμως καθυστέρηση ήταν περίπου 500 msec για τις χώρες της

Άπω Ανατολής και 280 msec για τις ευρωπαϊκές περιοχές, ο χρόνος ήταν αρκετά μεγάλος (μεγαλύτερος από 200 msec) για να επιτρέψει μία αμιγώς τηλεχειρουργική επέμβαση. Η τηλεχειρουργική, όπως και όλες οι εφαρμογές τηλεϊατρικής γενικότερα, στηρίζεται σε μεγάλο ποσοστό στη μεταβίβαση πληροφοριών μεταξύ δύο τοποθεσιών. Όσο η απόσταση μεταξύ των δύο αυτών τοποθεσιών αυξάνεται τόσο πιο μεγάλη και πιο αντιληπτή γίνεται η χρονική καθυστέρηση που εισάγεται. Αυτό αυξάνει το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ της δράσης και του αποτελέσματος και μετά από ένα σημείο καθιστά αδύνατη τη χειρουργική επέμβαση σε πραγματικό χρόνο. Αν και θεωρητικά η επιμήκυνση του κυκλώματος, από μερικά μέτρα μέχρι μερικές δεκάδες χιλιόμετρα, ανάμεσα στην κονσόλα του χειρουργού και του χειρουργικού τραπέζιού του ασθενούς ακούγεται εφικτή, στην πραγματικότητα κάτι τέτοιο δεν είναι εύκολο.

Η χρονική καθυστέρηση όμως δεν είναι συνάρτηση μόνο της απόστασης, αλλά επίσης του χρησιμοποιούμενου υλικού (hardware) και του εύρους ζώνης (bandwidth). Αν το προς μετάδοση σήμα παράγεται αρχικά σε αναλογική μορφή, τότε αυτό θα πρέπει πρώτα να μετατραπεί σε ψηφιακή και στη συνέχεια να κωδικοποιηθεί και να συμπιεστεί για να μεταδοθεί. Η αντίστροφη διαδικασία θα πρέπει να γίνει στην άλλη μεριά της τηλεπικοινωνιακής ζεύξης. Τα ηλεκτρονικά συστήματα που χρησιμοποιούνται όμως (μετατροπείς A/D, κωδικοποιητές/αποκωδικοποιητές κ.λ.π.) επεξεργάζονται τα δεδομένα με έναν συγκεκριμένο ρυθμό, εισάγοντας έτσι και αυτά με τη σειρά τους μία επιπλέον χρονική καθυστέρηση, τον χρόνο επεξεργασίας. Με την πάροδο του χρόνου, εντούτοις, εμφανίζονται αποδοτικότερα και πιο γρήγορα συστήματα υπολογιστών και επεξεργασίας βίντεο. Είναι αυτονόητο επίσης ότι όσο το κόστος του εύρους ζώνης θα μειώνεται με την ανάπτυξη των ψηφιακών επικοινωνιών η διαθεσιμότητά του θα αυξάνεται, με αποτέλεσμα την μείωση της χρονικής καθυστέρησης.

Ο χρόνος καθυστέρησης του σήματος αποτελεί ιδιαίτερα κρίσιμο παράγοντα για την ασφαλή και ομαλή εκτέλεση της επέμβασης από απόσταση. Ο χρόνος αυτός πρέπει να είναι τόσο μικρός ώστε ο χειρουργός να αισθάνεται ότι χειρουργεί σε πραγματικό χρόνο. Αυτό σημαίνει πως η εικόνα που λαμβάνει στην οθόνη του θα πρέπει να δείχνει αυτό που πραγματικά εκτελούν εκείνη τη στιγμή οι ρομποτικοί βραχίονες του συστήματος και κατ'επέκταση τα χέρια του. Η αποδεκτή καθυστέρηση, η μέγιστη δηλαδή καθυστέρηση που αντιλαμβάνεται ο ανθρώπινος εγκέφαλος, είναι μόλις 10 msec. Μετά από ειδική εκπαίδευση, στην οποία υποβάλλονται και οι αστροναύτες της NASA, ο χειρισμός εργαλείων από απόσταση μπορεί να γίνει με σχετική ασφάλεια ακόμη και με μία καθυστέρηση των 100 msec.

Οποιαδήποτε όμως καθυστέρηση μεγαλύτερη των 200 msec θα καθιστούσε απαγορευτική, αδύνατη και εξαιρετικά επικίνδυνη, μία τέτοια προσπάθεια.

Με βάση λοιπόν αυτή την παραδοχή, το μήκος του κυκλώματος που μεσολαβεί μεταξύ κονσόλας και χειρουργικού πεδίου πρέπει να είναι τέτοιο

ώστε η συνολική καθυστέρηση του σήματος που λαμβάνει ο χειρουργός στην οθόνη του να μην ξεπερνά τα 200 msec. Αυτός είναι άλλωστε και ο βασικότερος λόγος για τον οποίο δεν έχουν επιλυθεί ακόμη τα τεχνικά προβλήματα για την εκτέλεση επεμβάσεων σε πλοία που ταξιδεύουν στον ωκεανό ή ακόμη και στο διάστημα. Αν και έχουν προταθεί διάφορες τεχνικές λύσεις για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού, π.χ. χρήση ευρυζωνικών συνδέσεων ή ζεύξεις μέσω δορυφόρων χαμηλής τροχιάς, ελάχιστες ολοκληρωμένες επεμβάσεις τηλεχειρουργικής έχουν πραγματοποιηθεί κατά καιρούς και μέσα σε αυστηρά πλαίσια.

Αντίθετα, εφαρμογές στις οποίες ο ευρισκόμενος σε απόσταση έμπειρος χειρουργός δε χειρίζεται χειρουργικά εργαλεία με άμεσο τρόπο, αλλά κατευθύνει, καθοδηγεί και εποπτεύει τον χειρουργό δίπλα στον ασθενή, έχουν ήδη πραγματοποιηθεί με επιτυχία.

Η ευφορία που προκάλεσαν οι επιτυχημένες αυτές προσπάθειες ήταν μεγάλη, στην πραγματικότητα όμως ανέδειξαν την παντελή απουσία ρυθμιστικής νομοθεσίας και έθεσαν πλήθος ερωτημάτων γύρω από την ασφάλεια, την αστική ευθύνη, την άδεια άσκησης χειρουργικής από απόσταση, την ευθύνη των τηλεπικοινωνιακών παρόχων και γενικότερα οριοθέτησαν ένα πλαίσιο προβληματισμού για τη διατύπωση αυστηρών οδηγιών και προϋποθέσεων για την εκτέλεση τηλεχειρουργικών επεμβάσεων. Η Διεύθυνση Τροφίμων και Φαρμάκων των Η.Π.Α. επέτρεψε, για παράδειγμα, να εκτελεστεί η επέμβαση Lindbergh (από Γάλλους χειρουργούς σε Γαλλίδα ασθενή) τηλεχειρουργικά από τη Νέα Υόρκη με την προϋπόθεση ότι η γαλλική κυβέρνηση θα αναλάμβανε πλήρως την ευθύνη. Στην αντίθετη περίπτωση, η επίλυση όλων των απαραίτητων νομικών θεμάτων για χρήση του ρομποτικού συστήματος από τις Ηνωμένες Πολιτείες θα αποδεικνυόταν μία ιδιαίτερα χρονοβόρα διαδικασία.

Το υψηλό κόστος των συστημάτων τηλεχειρουργικής είναι μία λογική αιτία για προβληματισμό. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το κόστος της επέμβασης Lindbergh ανήλθε κατά προσέγγιση στο ένα εκατομμύριο δολάρια. Τα σύγχρονα συστήματα τηλεχειρουργικής τα οποία βρίσκονται σήμερα υπό δοκιμές ενσωματώνουν ένα σημαντικό αριθμό νέων τεχνολογιών, καθιστώντας για το λόγο αυτό σχετικά δύσκολο τον υπολογισμό του κόστους των μελλοντικών επεμβάσεων αυτού του είδους. Εντούτοις, σύμφωνα με κάποιους ενδεικτικούς υπολογισμούς που έχουν γίνει, η χρήση του συστήματος da Vinci σε μία τηλεχειρουργική επέμβαση ριζικής προστατεκτομής θα απαιτούσε μία αρχική επένδυση 800.000 δολλαρίων και ένα επιπλέον κόστος συντήρησης 100.000 δολλαρίων το χρόνο περίπου. Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους κάθε επέμβασης κατά 1.500 με 2.000 δολάρια. Η αξιοπιστία, το κόστος και η διαθεσιμότητα των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών αποτελούν επίσης ιδιαίτερα κρίσιμους παράγοντες που περιορίζουν τη χρήση των συστημάτων τηλεχειρουργικής σε ευρεία κλίμακα. Παρόλο που ένα επίγειο “δίκτυο κορμού” οπτικών ινών (ATM) υψηλής ταχύτητας είναι διαθέσιμο σε πάνω από 200 χώρες, πολλά

νοσοκομεία σήμερα δεν είναι εξοπλισμένα με τη σχετική τεχνολογία. Επιπλέον, το ετήσιο κόστος για τη διαθεσιμότητα επίγειων γραμμών υψηλών ταχυτήτων από σημείο-σε-σημείο είναι υψηλό και εξαρτάται άμεσα από τις περιοχές που εμπλέκονται στην τηλεπικοινωνιακή ζεύξη για την εκτέλεση της επέμβασης (όταν πραγματοποιήθηκε η επέμβαση Lindberg το ετήσιο κόστος για τη διάθεση γραμμών ATM ανερχόταν σε 100.000-200.000 δολάρια). Το κόστος, εντούτοις, των τηλεπικοινωνιών συνήθως μειώνεται με την πάροδο του χρόνου.

3.4 Εικονική πραγματικότητα και χειρουργική

Η προσομείωση και η δημιουργία μοντέλων στον υπολογιστή έχουν αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία σε πολλά επιστημονικά και τεχνολογικά πεδία κυρίως λόγω της αυξανόμενης υπολογιστικής ισχύος. Ο υπολογισμός της συμπεριφοράς των υπολογιστικών αυτών μοντέλων αντικαθιστά με αυξανόμενο ρυθμό τα πειράματα που εκτελούνται σε αντικείμενα του πραγματικού κόσμου και καθίσταται ένα απαραίτητο εργαλείο για την ανάπτυξη νέων προϊόντων και διαδικασιών. Στη βιομηχανία αυτοκινήτων, για παράδειγμα, πραγματοποιούνται έλεγχοι ασφάλειας με προσομοιώσεις κρούσεων των οχημάτων, ενώ προσομοιώσεις χρησιμοποιούνται και κατά τη διαδικασία σχεδίασης και ανάπτυξης αεροσκαφών, πυρηνικών όπλων κ.ά.

Παρόμοια, η ανάπτυξη τεχνικών απόκτησης δεδομένων (π.χ. ιατρική απεικόνιση) έχει δώσει τη δυνατότητα αναπαραγωγής αντιγράφων υψηλής ανάλυσης αντικειμένων του πραγματικού κόσμου από τη μνήμη του υπολογιστή. Η ανάπτυξη τεχνολογιών ιατρικής απεικόνισης, όπως είναι η αξονική και η μαγνητική τομογραφία, η απεικόνιση υπερήχων κ.λ.π., έχει καταστήσει την ανάκτηση λεπτομερών ανατομικών και μερικώς λειτουργικών μοντέλων της τρισδιάστατης ανατομίας του ανθρώπινου σώματος μία διαδικασία ρουτίνας της καθημερινής κλινικής πρακτικής. Για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα η εξέταση και η αλληλεπίδραση με τέτοιου είδους υπολογιστικά μοντέλα αποτελούσε αποκλειστικό προνόμιο των ειδικών, οι οποίοι είχαν την ικανότητα να κατανοούν την περιορισμένη αναπαράσταση των δεδομένων που προσέφεραν τα προγράμματα του υπολογιστή. Στην περίπτωση της ιατρικής απεικόνισης, η νοερή ανακατασκευή τρισδιάστατων ανατομικών αντικειμένων από εικόνες εγκάρσιων τομών, όπως συνήθως παρουσιάζονται στην οθόνη του υπολογιστή ή του συστήματος προβολής (light box) ενός ακτινολόγου για παράδειγμα, δεν περιλαμβάνεται στις φυσικές ικανότητες αντίληψης ενός ανθρώπου. Στην περίπτωση των ακτινολόγων απαιτείται εντατική εκπαίδευση και εκτεταμένη εμπειρία για κάτι τέτοιο.

Η εικονική πραγματικότητα (ΕΠ) έχει ως βέλτιστο σκοπό να επιτρέψει την παρουσίαση εικονικών αντικειμένων σε όλες τις ανθρώπινες αισθήσεις με

έναν τρόπο ταυτόσημο με τον αντίστοιχο φυσικό. Η ιατρική και ο τομέας των ηλεκτρονικών παιχνιδιών αποτελούν τα δύο πιο σημαντικά πεδία εφαρμογής της εικονικής πραγματικότητας. Η εφαρμογή της στην ιατρική, ειδικότερα, υποκινήθηκε αρχικά από την ανάγκη του ιατρικού προσωπικού να απεικονίζει με ρεαλιστικό τρόπο έναν μεγάλο όγκο πολύπλοκων ιατρικών δεδομένων που απαιτούνται ή παράγονται κατά τη διάρκεια διαδικασιών όπως ο σχεδιασμός χειρουργικών επεμβάσεων, η ιατρική εκπαίδευση κ.ά. Πιο πρόσφατα, το πεδίο εφαρμογών της ΕΠ στην ιατρική διευρύνθηκε ώστε να συμπεριλάβει τη φυσική και ψυχιατρική αποκατάσταση και σε μικρότερη έκταση τη διάγνωση [Petrovoulou, 2005, Székely 1999].

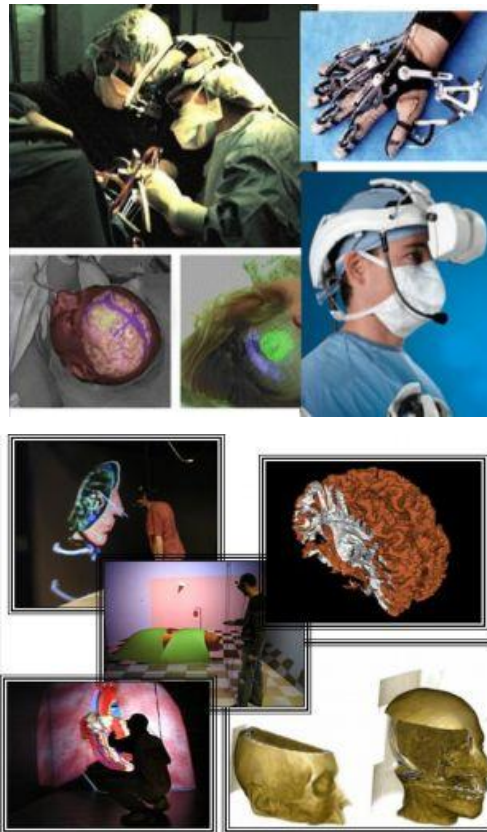
Η εικονική πραγματικότητα είναι μία τεχνολογία χάρις στην οποία επιτυγχάνεται η διεπαφή του χρήστη με ένα υπολογιστικό σύστημα (human-computer interface) που είναι διαφορετική από την κλασική διεπαφή μέσω του πληκτρολογίου ή του ποντικιού. Στην ΕΠ ο χρήστης καλείται να αλληλεπιδράσει με ένα σύστημα υπολογιστών εκτελώντας ενέργειες και κινήσεις όπως αυτές που εκτελεί με τις καθημερινές του δραστηριότητες στο πραγματικό του περιβάλλον. Αυτό ακριβώς το γεγονός, δηλαδή ότι η αλληλεπίδραση με τον υπολογιστή γίνεται με φυσιολογικό και ενστικτώδη τρόπο σε πραγματικό χρόνο μέσα σε ένα περιβάλλον που μιμείται ουσιαστικά την πραγματικότητα, αποτελεί τη μεγάλη συνεισφορά της εικονικής πραγματικότητας.

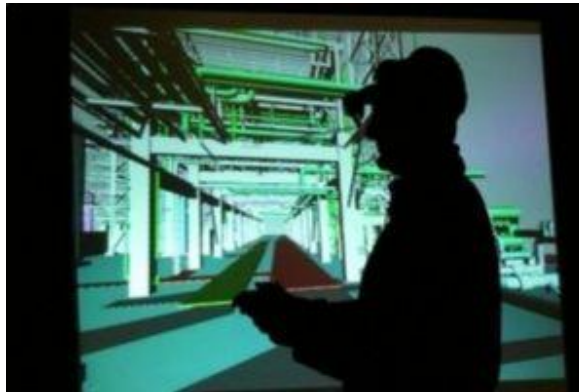
Τη βάση της ιδέας για την ΕΠ αποτελεί το γεγονός ότι ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής μπορεί να συνθέσει ένα τρισδιάστατο γραφικό περιβάλλον από αριθμητικά δεδομένα. Ο υπολογιστής δεν αποτελεί πλέον μόνο μία μηχανή υπολογισμών, αλλά και ένα σύστημα απεικόνισης πληροφοριών, όπου οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτού και του ανθρώπου συμβαίνουν σε ένα τρισδιάστατο, εικονικό περιβάλλον. Η ραγδαία εξέλιξη στην τεχνολογία των GUIs (Graphical User Interfaces) οδήγησε σε εφαρμογές όπου ο χρήστης ξεπερνά το νοητό όρι ο της οθόνης και βιώνει την ψευδαίσθηση ότι αλληλεπιδρά με τον υπολογιστή μέσω του τεχνητού αυτού περιβάλλοντος.

Η δημιουργία μίας τέτοιας τεχνητής πραγματικότητας επιτυγχάνεται με την τροφοδότηση των αισθητηρίων οργάνων του χρήστη με οπτικές, ακουστικές και απτικές πληροφορίες μέσω ανάλογων συσκευών. Χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες αυτές ο χρήστης μπορεί να αισθάνεται το τεχνητό αυτό περιβάλλον σαν να αποτελούσε μέρος του πραγματικού κόσμου. Αυτό το παραγόμενο από υπολογιστή περιβάλλον μπορεί να είναι ένα μοντέλο αντικειμένου του πραγματικού κόσμου (π.χ. ένα σπίτι), ένας αφηρημένος κόσμος ο οποίος δεν υπάρχει μεν στην πραγματικότητα αλλά γίνεται αντιληπτός από τους ανθρώπους (π.χ. ένα χημικό μόριο ή η αναπαράσταση ενός συνόλου δεδομένων), ή ακόμη και ένας εντελώς νέος κόσμος, προϊόν της επιστημονικής φαντασίας.

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας της ΕΠ ξεκίνησε ουσιαστικά με τη σταδιακή εισαγωγή των τρισδιάστατων γραφικών σε διάφορες εφαρμογές

αρκετές δεκαετίες πριν. Ο πρωταρχικός σκοπός της είναι η παραγωγή εικόνων με εικονικά αντικείμενα ή ολοκληρωμένες σκηνές (scenes) με ένα σχεδόν φωτορεαλιστικό τρόπο. Δύο βασικά στοιχεία απαιτούνται για την επίτευξη αυτού του στόχου, κατάλληλοι αλγόριθμοι για τον υπολογισμό του οπτικού αποτελέσματος της εικονικής σκηνής (rendering) και κατάλληλες συσκευές για την παρουσίαση του αποτελέσματος αυτού στο χρήστη (συνήθως οθόνες γραφικών). Κατά συνέπεια, ένα σύστημα ΕΠ είναι ο συνδυασμός υλικού και λογισμικού που παρέχει στους προγραμματιστές τη δυνατότητα να δημιουργούν εφαρμογές ΕΠ. Τα μέρη του υλικού λαμβάνουν ως είσοδο τις αντιδράσεις και τις κινήσεις του χρήστη μέσω ειδικών συσκευών ελεγχόμενων από αυτόν και μεταβιβάζουν πολυαισθητήρια έξοδο για τη δημιουργία της αίσθησης ενός εικονικού κόσμου. Το λογισμικό του συστήματος διαχειρίζεται το υλικό και είναι αυτό που μαζί με μία εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας (VR application) δημιουργούν τον ανάλογο εικονικό κόσμο.





Εικόνα 13 Τεχνολογίες Ε.Π.

Για την επίτευξη του rendering έχει αναπτυχθεί τις τελευταίες δεκαετίες μία αρκετά μεγάλη συλλογή μεθόδων. Όλες προσομοιώνουν στην ουσία την αλληλεπίδραση του φωτός με την εκάστοτε γεωμετρία των εικονικών αντικειμένων, οπότε δημιουργείται ανάλογα είτε αναπαράσταση με συλλογές από επιφάνειες (surface rendering), είτε με ογκομετρικά μοντέλα (volume rendering). Για την απόδοση μεγάλων αντικειμένων σε πραγματικό χρόνο έχουν ήδη αναπτυχθεί διάφορες εξειδικευμένες μονάδες επιτάχυνσης γραφικών, οι οποίες είναι εμπορικά διαθέσιμες ακόμη και για προσωπικούς υπολογιστές. Το επίπεδο του ρεαλισμού μπορεί να βελτιωθεί αισθητά με τη χρήση διάφορων τεχνικών όπως είναι, για παράδειγμα, η απόδοση υφής στις επιφάνειες των αντικειμένων από λεπτομερείς φωτογραφικές εικόνες (texture mapping) και ο υπολογισμός της αντανάκλασης, της διάθλασης ή της απορρόφησης μίας ακτίνας φωτός όποτε αυτή τέμνει ένα αντικείμενο στη σκηνή (ray tracing).

Τα αποτελέσματα των αλγορίθμων rendering παρουσιάζονται συνήθως σε μία οθόνη βίντεο. Έχει γίνει σημαντική προσπάθεια για την ανάπτυξη στερεοσκοπικών συστημάτων απεικόνισης, καθώς η στερεοσκοπική όραση αποτελεί βασική προϋπόθεση για ρεαλιστική “εμβύθιση” σε μία εικονική σκηνή. Η βασική τεχνική των συσκευών αυτών είναι η παρουσίαση της σκηνής από μία ελαφρώς διαφορετική οπτική γωνία για κάθε μάτι. Ο απλούστερος τρόπος για να γίνει ο διαχωρισμός αυτός είναι η χρήση πολωμένων γυαλιών τα οποία φιλτράρουν επιλεκτικά τις εικόνες που εμφανίζονται στην οθόνη. Μία διαφορετική πρόταση αποτελούν οι οθόνες κεφαλής (Head Mounted Displays – HMD) που παρέχουν στο χρήστη μία εντελώς ξεχωριστή οθόνη για κάθε μάτι, ενώ νέες, πιο εξελεγμένες τεχνολογικά λύσεις που βασίζονται στην κατασκευή ειδικών οθονών ή την τεχνική της ολογραφίας υπόσχονται να περιορίσουν την ανάγκη του χρήστη να φοράει τον απαιτούμενο ειδικό εξοπλισμό, διατηρώντας παράλληλα την παρουσίαση πλήρως στερεοσκοπικών σκηνών.



Εικόνα 14 Συσκευή HMD

Η ισχύς των σημερινών υπολογιστών επιτρέπει τον υπολογισμό και την απόδοση (rendering) των σκηνών ΕΠ σε πραγματικό χρόνο – ο ελάχιστος απαιτούμενος ρυθμός είναι 25 περίπου πλαίσια το δευτερόλεπτο – δίνοντας τη δυνατότητα στο χρήστη για εικονική εξερεύνηση και αλληλεπίδραση με αυτές. Εκτός από τις κλασικές συσκευές εν ός υπολογιστή, όπως είναι το πληκτρολόγιο και το ποντίκι, ένας αυξανόμενος αριθμός συσκευών επιτρέπει ρεαλιστικές αλληλεπιδράσεις με εικονικά αντικείμενα (π.χ. γάντια δεδομένων ή data gloves, δείκτες τριών διαστάσεων κ.ά). Χάρη στη ραγδαία ανάπτυξη νέων τρόπων αλληλεπίδρασης ο χρήστης καθίσταται πλέον ολοκληρωμένο μέρος μίας εικονικής σκηνής. Για τη διευκόλυνση αυτής της ολοκλήρωσης και της συνεπακόλουθης “εμβύθισης” είναι απαραίτητη η παροχή πληροφοριών στο σύστημα ΕΠ σχετικά με την πραγματική κατάσταση του χρήστη, δηλαδή τη θέση του, την κατεύθυνση του βλέμματός του, τις κινήσεις αυτού κ.λ.π. Τέτοιου είδους πληροφορίες ανακτώνται από διάφορες συσκευές ανίχνευσης (οπτικές, μηχανικές, ακουστικές κ.ά) οι οποίες ακολουθούν συγκεκριμένες ανατομικές δομές του χρήστη ή τη θέση εξωτερικών διακριτικών σημείων στην οθόνη ή στις συσκευές αλληλεπίδρασης με ακρίβεια μικρότερης του χιλιοστού σε μία απόσταση εργασίας αρκετών μέτρων [Székely 1999, Γεωργίου 2008].

Η απτική ανάδραση (haptic feedback), η αίσθηση δηλαδή της αφής και της δύναμης, συνιστά σημαντική πηγή πληροφορίας κατά την αλληλεπίδραση με το εικονικό περιβάλλον. Κατά συνέπεια, οι δυνάμεις αυτές πρέπει να “μεταδίδονται” στο χρήστη εάν απαιτείται ένα λογικό επίπεδο ρεαλισμού. Αν και η έρευνα για την ανάπτυξη συστημάτων με ανάδραση δύναμης και αφής δεν είναι ιδιαίτερα εντατική, έχει αναπτυχθεί ένας σημαντικός αριθμός τέτοιων συσκευών και κάποιες από αυτές είναι ήδη εμπορικά διαθέσιμες, ακόμη και για ιατρικές εφαρμογές.

Μία συσκευή ανατροφοδότησης δύναμης (force feedback device), εξασκεί μία δύναμη στο χρήστη που κρατάει τη συσκευή αυτή δίνοντάς του την αίσθηση του αποτελέσματος των ενεργειών του πάνω στο αντικείμενο

που διαχειρίζεται (στην περίπτωση μίας χειρουργικής επέμβασης πάνω στους ιστούς). Η ανατροφοδότηση δύναμης επιτυγχάνεται συνήθως με “αντίστροφες” ρομποτικές μονάδες, οι ηλεκτρικοί κινητήρες των οποίων δεν παράγουν ενεργές κινήσεις αλλά ενεργούν αντίθετα στις κινήσεις του χρήστη. Τέτοια συστήματα είναι συνήθως εξωσκελετικές συσκευές που εγκαθίστανται γύρω από το χέρι ή εξειδικευμένοι μεταλλικοί σκελετοί (gantry) μέσω των οποίων πρέπει να γίνουν όλοι οι χειρισμοί.

Η σημασία της ανάδρασης δύναμης είναι μεγάλη στην περίπτωση των ρομποτικών χειρουργικών συστημάτων. Όποτε ένα χειρουργικό εργαλείο αγγίζει κάποιον ιστό στο σώμα του ασθενούς, ο χειρουργός πρέπει να λαμβάνει στα χέρια του την αίσθηση της αντίστασης του συγκεκριμένου ιστού. Στην αντίθετη περίπτωση, η απουσία αυτής της αίσθησης μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή του ιστού. Ο χειρουργός θα πιέζει τον ιστό με το ρομποτικό βραχίονα χωρίς να γνωρίζει το μέγεθος της πίεσης που αυτός πραγματικά εξασκεί.

Μία συσκευή ανατροφοδότησης της αφής (tactile feedback device) εφαρμόζει μία δύναμη στο χρήστη με τέτοιο τρόπο ώστε να του επιτρέπει να διακρίνει στοιχεία για τη γεωμετρία και τη σύσταση του αντικειμένου που αυτός διαχειρίζεται (π.χ. μέγεθος, υφή, σύσταση κ.λ.π.). Στις επεμβάσεις ανοικτής χειρουργικής η πληροφορία που λαμβάνεται από την ψηλάφηση των ιστών είναι εξαιρετικά σημαντική αφού επιτρέπει στους χειρουργούς να αισθάνονται τις ανατομικές δομές του ασθενούς. Σημαντικά αγγεία συνήθως περιβάλλονται από συνδετικό ιστό. Όγκοι στο συκώτι ή το κόλον πρέπει να αφαιρούνται χωρίς να επιτρέπεται η περαιτέρω εξάπλωση των καρκινικών κυττάρων. Η αίσθηση της αφής παρέχεται συνήθως από ενεργοποιητές (actuators) που κάνουν χρήση θερμικών, μηχανικών ή παλμικών διεγέρσεων.

Οι πιο γνωστές συσκευές απτικής ανατροφοδότησης είναι τα συστήματα της σειράς PHANTOM. Οι συγκεκριμένες συσκευές διατίθενται στην αγορά από την εταιρεία SensAble Technologies, η οποία ιδρύθηκε το 1993 από τους Dr. Kenneth Salisbury και Thomas Massie χάρις στην επιστημονική τους έρευνα στο MIT τη δεκαετία του 1990. Τα διάφορα μοντέλα της σειράς καλύπτουν τις ανάγκες τόσο των εμπορικών όσο και των ερευνητικών εφαρμογών. Τα συστήματα αυτά παρέχουν ανάδραση αφής σε υπολογιστικά συστήματα που χρησιμοποιούν τρισδιάστατη τεχνολογία απεικόνισης, έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί να διακρίνει τη γεωμετρία και τις ιδιότητες των εικονικών αντικειμένων. Μέσω μίας απτικής διεπαφής (haptic interface) υψηλής απόδοσης ανιχνεύουν την πορεία και την κίνηση έξι βαθμών ελευθερίας του χρήστη και παρέχουν ανάλογα ανάδραση δύναμης τριών ή έξι βαθμών ελευθερίας (οι τρεις επιπλέον βαθμοί στην περίπτωση περιστροφικής κίνησης). Στον ιατρικό τομέα, ειδικότερα, οι συσκευές PHANTOM αποτελούν μέρος των ρομποτικών χειρουργικών συστημάτων τύπου masterslave, δίνοντας τη δυνατότητα στους χειρουργούς να έχουν αίσθηση των ιστών στο σώμα του ασθενούς [Székely 1999].

Η πλειονότητα των μελετών μέχρι σήμερα καταδεικνύει μία ομοφωνία γνώμωων σχετικά με τα οφέλη που παρουσιάζει η πρόσθεση ανάδρασης δύναμης στα συστήματα της ελάχιστα επεμβατικής χειρουργικής ή τα μειονεκτήματα της απουσίας απτικής ανάδρασης από αυτά. Η απτική ανάδραση επιτρέπει στους χειρουργούς να είναι περισσότερο ακριβείς και να εξασκούν μεγαλύτερες δυνάμεις τάσεων με τη βοήθεια του ρομποτικού βραχίονα κατά την εκτέλεση λεπτών συρραφών των πληγών του ασθενούς χωρίς να προκαλείται θραύση των κόμπων κατά το δέσιμό τους. Η ποιότητα των κόμπων αλλά και η συνολική διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης στην περίπτωση αυτή παραμένουν αμετάβλητες σε σύγκριση με τη συμβατική μέθοδο.

Ο βαθμός ρεαλισμού που προσδίδει η απτική ανάδραση θα έχει σημαντικό ρόλο στο μέλλον, καθώς αναμένεται να περιορίσει τα χειρουργικά σφάλματα και ταυτόχρονα να αυξήσει την ασφάλεια του ασθενούς. Τα συνδεόμενα κόστη των ρομποτικών χειρουργικών συστημάτων είναι πράγματι υψηλά και οι καμπύλες εκμάθησης εξαιρετικά απότομες. Εντούτοις, τα αποδεδειγμένα ουσιαστικά οφέλη και πλεονεκτήματα της ελάχιστα επεμβατικής χειρουργικής (μικρότεροι χρόνοι νοσηλείας, λιγότερες μετεγχειρητικές επιπλοκές και μολύνσεις, λιγότερος πόνος για τον ασθενή) αποτελούν εγγύηση για την περαιτέρω, ασφαλή ανάπτυξη της τεχνολογίας αυτής. Η απόδοση απτικής ανάδρασης στα σύγχρονα ρομποτικά χειρουργικά συστήματα θα συνεισφέρει εμφανώς σημαντικά στην ασφαλή εκτέλεση επεμβάσεων με αυτά τα πολύπλοκα συστήματα [Riva 2006, Van der Meijden 2009].

Κεφάλαιο 4^ο Ο νοσηλευτής και οι εφαρμογές της ρομποτικής χειρουργικής

Ο ρόλος του ειδικού νοσηλευτή ρομποτικής χειρουργικής είναι τόσο προκλητικός και συναρπαστικός, επειδή η τεχνολογία είναι νέα και ο ρόλος είναι ανοιχτός σε ερμηνείες και ορισμούς - και, εξαιτίας αυτού, χρειάζεται μια ευέλικτη περιγραφή της εργασίας. Η καθημερινή πρακτική μας δείχνει την ανάγκη για συνεχή εκπαίδευση, ιδίως όσον αφορά τις δεξιότητες ε-νοσηλευτικής, τη δημιουργία και την αναθεώρηση των κατευθυντήριων γραμμών και συγγραφή πρωτοκόλλων. Η επιστήμη και η τεχνολογία

προχωρούν σε ένα απίστευτο ρυθμό και μια κριτική ανάλυση των νέων αυτών εξελίξεων είναι η ευθύνη του περιεγχειρητικού νοσηλευτή.

Ο νοσηλευτής, ως μέλος της ρομποτικής χειρουργικής ομάδας, πρέπει να επιδείξει ένα πολύ καλό επίπεδο επαγγελματικών γνώσεων, και ταυτόχρονα να είναι ειδικός στην ρομποτική τεχνολογία. Αυτό αποδεικνύεται δεδομένου ότι παίζει καθοριστικό ρόλο στη συλλογή δεδομένων, την ανάλυση των τάσεων και των αποτελεσμάτων, και τον προσδιορισμό θεμάτων ασφαλείας.

Το λειτουργικό θέατρο του νοσηλευτικού προσωπικού έχει σημαντική ευθύνη για την εργασία με βάση τους κανόνες βέλτιστων πρακτικών. Η ανάλυση σε τακτά χρονικά διαστήματα των ρόλων και τις δεξιοτήτων τους είναι ένα αποτελεσματικό μέσο για τη βελτίωση της καθημερινής πρακτικής. Η δημιουργία και η εφαρμογή των κατευθυντήριων γραμμών και συγγραφή πρωτοκόλλων παρέχει θετικά αποτελέσματα στην καθημερινή πρακτική και διατηρεί τα πρότυπα περίθαλψης

Το υψηλό κόστος εκκίνησης, οι χρονικές δεσμεύσεις, και οι γνώσεις που απαιτούνται για να χειριστεί αποτελεσματικά τον ιατρικό ρομποτικό εξοπλισμό και τις αντίστοιχες προμήθειες συχνά καθιστά ευεργετικό για το νοσοκομείο να εξετάσει την εφαρμογή του ρόλου των εξειδικευμένων νοσηλευτών ρομποτικής, ιδιαίτερα αν χειρουργοί από πολλές ειδικότητες θα πρέπει να χρησιμοποιούν το ρομποτικό σύστημα. Έχοντας ένα άτομο να συντονίζει την προσπάθεια αυτή επιτρέπει στους χειρουργούς και τα μέλη του προσωπικού το χρόνο να επικεντρωθούν σε αυτήν την τεχνολογία και να βελτιώσουν το επίπεδο των γνώσεων που είναι απαραίτητες για τη βελτιστοποίηση της χρήσης του συστήματος.

Ένας ειδικός νοσηλευτής ρομποτικής οικοδομεί μια ολοκληρωμένη εικόνα για το πώς, το γιατί, και πότε χρησιμοποιείται το σύστημα. Αυτό επιτρέπει ακριβείς αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν σχετικά με το πώς ο εξοπλισμός, τα όργανα και τα αναλώσιμα μπορούν καλύτερα να ρυθμιστούν για βέλτιστη χρήση.

Έχοντας τον ειδικό νοσηλευτή ρομποτικής σταθερά παρόν σε όλες τις διαδικασίες επιτρέπει

- ακριβείς εκτιμήσεις που πρέπει να γίνουν για την εκπαίδευση και τη χρήση των πόρων των αναγκών του νοσηλευτικού προσωπικού
- αποφυγή προβλημάτων με το ρομποτικό εξοπλισμό και τα μέσα που χρησιμοποιούνται να διευθετούνται ταχύτερα και με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Ένας ειδικός νοσηλευτής ρομποτικής είναι το ιδανικό πρόσωπο για να αναπτύξει μια βάση δεδομένων της διαδικασίας. Σαν περιγραφή της θέσης εργασίας για τη θέση του ως ειδικός νοσηλευτής ρομποτικής ορίζεται ο ρόλος του να είναι ένας κλινικός ειδικός και συντονιστής φροντίδας για ασθενείς που υποβάλλονται σε ρομποτικά υποβοηθούμενη χειρουργική επέμβαση. Τα

καθήκοντα και αρμοδιότητες χωρίζονται σε πέντε κατηγορίες : κλινική πρακτική, την εκπαίδευση, τη διοίκηση, την έρευνα και την επαγγελματική συμπεριφορά.

Ο ειδικός νοσηλευτής ρομποτικής συντονίζει τον προγραμματισμό, εξασφαλίζει τη διαθεσιμότητα και τη φροντίδα του μέσου, βοηθά διεγχειρητικά με όλες τις ρομποτικές διαδικασίες, παρέχει εκπαίδευση των ασθενών και μέλων του προσωπικού, και βοηθά σε ερευνητικές προσπάθειες.

Στο μέλλον, ένας ειδικός νοσηλευτής ρομποτικής θα πρέπει να είναι ένας κλινικός ειδικός στη γενική ιατρική ρομποτική, όχι μόνο σε ένα ρομποτικό σύστημα. Ο ρόλος του ειδικού νοσηλευτή ρομποτικής είναι τόσο προκλητικός και συναρπαστικός, επειδή η τεχνολογία είναι τόσο νέα και ο ρόλος είναι ανοιχτός σε ερμηνείες και τον ορισμό από εκείνους που επί του παρόντος βρίσκονται σε τέτοιους ρόλους. Η ικανότητα να βοηθήσουν στη διαμόρφωση του μέλλοντος είναι μια ευκαιρία ανταμοιβής για τους περιεγχειρητικούς νοσηλευτές έτοιμους για μια πρόκληση. Επί του παρόντος, η ευελιξία είναι ένα βασικό συστατικό της ρομποτικής διαδικασίας επειδή η ιατρική ρομποτική είναι μια εξελισσόμενη τεχνολογία, και συχνά, ο χειρουργός καθορίζει ποιες τεχνικές και μέσα θα παρέχουν το καλύτερο αποτέλεσμα για τους ασθενείς του. Οι νοσηλευτές πρέπει να είναι προετοιμασμένοι και ικανοί να ανταποκρίνονται στις μεταβαλλόμενες ανάγκες των ασθενών που υποβάλλονται σε ρομποτική χειρουργική.

Ο ειδικός νοσηλευτής ρομποτικής μπορεί να αποκτήσει τεχνογνωσία αναζητώντας ευκαιρίες να παρακολουθεί στενά ρομποτικές διαδικασίες και διαβουλεύσεις με τους ρομποτικούς εμπειρογνώμονες, όπως οι εκπρόσωποι των κατασκευαστών, που επισκέπτονται τους χειρουργούς και τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης σε εγκαταστάσεις όπου χρησιμοποιείται ένα χειρουργικό ρομποτικό σύστημα. Ο ειδικός της ρομποτικής θα πρέπει να επιδιώκει συνεχώς πρόσθετες εκπαιδευτικές εμπειρίες από την αναζήτηση στο Διαδίκτυο και δικτύωση με τους συναδέλφους. Αυτός ή αυτή θα πρέπει να ζητήσουν εκπαιδευτικό υλικό και τις ευκαιρίες μάθησης από τον κατασκευαστή του ρομποτικού χειρουργικού συστήματος που χρησιμοποιείται. Η εξελισσόμενη φύση αυτής της τεχνολογίας σημαίνει ότι ακόμα και οι ειδικοί πρέπει να εργαστούν για να διατηρηθεί ένα τρέχον επίπεδο της τεχνογνωσίας.

Συντονίζοντας ένα πρόγραμμα ρομποτικής απαιτεί συνεχή ιεράρχηση. Οι αποφάσεις επηρεάζονται όχι μόνο από αυτό που βλέπει ως πολύτιμο ο ειδικός νοσηλευτής ρομποτικής για την εξαιρετική φροντίδα των ασθενών, αλλά από τις ανάγκες των χειρουργών που χρησιμοποιούν το σύστημα, τα περιεγχειρητικά μέλη του νοσηλευτικού προσωπικού και το τμήμα μάρκετινγκ του νοσοκομείου, και τη διαδικασία προγραμματισμού. Ο τελικός παράγοντας στην ιεράρχηση των καθημερινών δραστηριοτήτων είναι πάντα η ασφάλεια των ασθενών και η βέλτιστη χειρουργική έκβαση.

Ένας ειδικός νοσηλευτής ρομποτικής πρέπει να διατηρεί τις απαραίτητες δεξιότητες για την παροχή υψηλής ποιότητας φροντίδας του

ασθενούς. Με τη διατήρηση των δεξιοτήτων μέχρι σήμερα, ένας ειδικός της ρομποτικής μπορεί να χρησιμεύσει ως ένα καλό πρότυπο και να είναι αρκετά ευέλικτος για να βοηθήσει κατά τη διάρκεια της έλλειψης προσωπικού. Να είναι σε θέση να λειτουργήσει σε όλους τους ρόλους που επιτρέπεται, για να αξιολογήσει πιο αποτελεσματικά το πώς μπορεί να χρησιμοποιήσει καλύτερα το ρομποτικό εξοπλισμό, τα όργανα και τα αναλώσιμα. Επίσης, παρέχει μια σταθερή βάση για να κατανοήσουν τις προτάσεις ή ανησυχίες τα μέλη του προσωπικού διεύθυνσης.

Ένας ειδικός νοσηλευτής ρομποτικής μπορεί να ενισχύσει τη φροντίδα των ασθενών εκτός του χειρουργείου με τη συμβολή στην ανάπτυξη και διάδοση εκπαιδευτικού υλικού που διατίθενται για τους ασθενείς και τις εκπαιδευτικές συνεδρίες στη διάθεση των μελών του προσωπικού που αλληλεπιδρούν με τους ασθενείς σε περιοχές κλινικής και στις μονάδες φροντίδας των ασθενών. Ο ειδικός νοσηλευτής ρομποτικής είναι ένα σημείο επαφής που μπορεί να παρέχει ακριβείς και έγκαιρες πληροφορίες για να βοηθήσει να εκπαιδεύσει το κοινό και τους επαγγελματίες υγείας σχετικά με τις ρομποτικές υπηρεσίες που προσφέρονται από την εγκατάσταση. Ο ειδικός της ρομποτικής κάνει επαφές δικτύωσης εντός της εγκατάστασης για την αύξηση της ευαισθητοποίησης του προσωπικού σχετικά με τη ρομποτική.

Για την ίδρυση ενός καλού συστήματος γενικής ρομποτικής χειρουργικής ο ειδικός νοσηλευτής ρομποτικής είναι απαραίτητος. Ένα ρομποτικό χειρουργικό σύστημα είναι ένα περίπλοκο κομμάτι ιατρικού εξοπλισμού που αντιμετωπίζεται κάπως σαν ένα ιατρικής ποιότητας laser, λόγω της πολυπλοκότητάς του. Απαιτεί καταρτισμένο προσωπικό υγειονομικής περίθαλψης για να δημιουργήσει, να τρέξει, και να λύσει τα προβλήματα που προκύπτουν.

4.1 Εργαλεία και όργανα

Η συγκέντρωση του καλαθιού που περιέχει όλα τα απαραίτητα ρομποτικά όργανα και αναλώσιμα υλικά βοηθά στη διατήρηση της ευελιξίας στο χειρουργείο και ενισχύει την αποτελεσματικότητα του κόστους (Εικόνες 14 και 15).



Εικόνα 15 Το καρότσι με τα υλικά.



Εικόνα 16 Αποθήκη αναλώσιμων και εργαλείων σε θάλαμο ρομποτικής χειρουργικής

Τα κύρια καλάθια προμήθειας σταθμεύουν έξω από το χειρουργείο για κάθε διαδικασία. Αυτό επιτρέπει σε μια διαδικασία να ξεκινήσει με μόνο τα βασικά όργανα και αναλώσιμα υλικά, μετά τα οποία επιπλέον στοιχεία να μπορούν να προστεθούν σε εύθετο χρόνο, αν χρειαστεί.

Τα Ρομποτικά εργαλεία είναι διαφορετικά από τα λαπαροσκοπικά εργαλεία και απαιτούν ειδική φροντίδα (Εικόνα 3).



Εικόνα 17 Ρομποτικοί βραχίονες λαπαροσκόπησης

Αρχικά, τα όργανα μπορούν να αποστειρωθούν ξεχωριστά. Τα ρομποτικά εργαλεία θα πρέπει να ποτίζονται στο αποστειρωμένο πεδίο από τους καθορισμένους από τον κατασκευαστή πόρους όταν ιστός ή σωματικά υγρά συσσωρεύονται πριν από την αποστολή για τον τερματικό καθαρισμό και την αποστείρωση. Αυτό αποφεύγει το μακρύ τερματικό καθαρισμό. Συνήθως τα όργανα τοποθετούνται σε μια μηχανή καθαρισμού υπερήχων, η οποία χρησιμοποιεί αναρρόφηση για να τραβήξει το διάλυμα καθαρισμού μέσω των πόρων. Ένας λεπτομερής καθαρισμός με το χέρι πριν από τη διάθεση του οργάνου στην μηχανή υπερήχων αφαιρεί μεγάλες ακαθαρσίες στο εξωτερικό του οργάνου.

Ο ειδικός νοσηλευτής ρομποτικής συγκεντρώνει δεδομένα σχετικά με τη συχνότητα χρήσης του κάθε εργαλείου από διαφορετικούς χειρουργούς κατά τη διάρκεια διαφορετικών διαδικασιών. Στη συνέχεια, τα επιμέρους όργανα μπορούν να οργανωθούν σε δίσκους με βάση αυτά τα δεδομένα. Ο ειδικός νοσηλευτής ρομποτικής είναι το λογικό άτομο να συγκεντρώσει, να αξιολογήσει και να εφαρμόσει αλλαγές στα όργανα και αναλώσιμα υλικά που βασίζονται σε δεδομένα χρήσης σε όλους τους χρήστες του ρομποτικού συστήματος. Ένας δίσκος που περιέχει έξι από τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται πιο συχνά από όλες τις ειδικότητες και ένας δεύτερος δίσκος των λιγότερο διαδεδομένων και back-up μέσων είναι η συνήθης πρακτική. Τα σπάνια χρησιμοποιούμενα εργαλεία αποστειρώνονται ξεχωριστά και είναι προσβάσιμα στο καλάθι έξω από το χειρουργείο για κάθε διαδικασία.

Στην επικοινωνία μεταξύ των μελών του περιεγχειρητικού νοσηλευτικού προσωπικού, ο ειδικός νοσηλευτής ρομποτικής είναι ζωτικής σημασίας ώστε να εφαρμοστεί ένα ελάχιστο αλλά επαρκές σύστημα απογραφής.

4.2 Εκπαίδευση - οργάνωση

Ένας ειδικός νοσηλευτής ρομποτικής θα πρέπει να εξασφαλίζει τον πλήρη και ακριβή προσανατολισμό και την εκπαίδευση των μελών του νοσηλευτικού προσωπικού στις ρομποτικές διαδικασίες. Η επίτευξη δεξιοτήτων απαιτεί χρόνο και επαναλαμβανόμενη συμμετοχή σε ρομποτικές διαδικασίες. Η κατάρτιση, κατά τη σύσταση μιας διαδικασίας είναι δυνατή, αλλά θέτει ένα χρονικό περιορισμό στα μέλη του προσωπικού που συχνά δεν είναι ευνοϊκός για τη μάθηση. Το καλύτερο είναι για πρώτη φορά η έκθεση των μελών του προσωπικού σε ρομποτικές διαδικασίες να διεξάγονται σε ένα μαθησιακό περιβάλλον σε σχέση με μια χειρουργική διαδικασία σε πραγματικό χρόνο. Ο προσανατολισμός επιτυγχάνεται καλύτερα σε περιπτώσεις ένας προς έναν έτσι ώστε τα μέλη του προσωπικού έχουν hands-on εμπειρία. Τα νέα μέλη του προσωπικού, στη συνέχεια, μπορούν να συνδυαστούν με πιο έμπειρα μέλη του προσωπικού κατά τη διάρκεια μιας πραγματικής διαδικασίας. Η προσέγγιση αυτή παρέχει την ευκαιρία να απαντήσει σε ερωτήσεις και να διορθώσει την τεχνική της καθοδήγησης.

Οι ικανότητες για τον ειδικό νοσηλευτή ρομποτικής έχουν καθοριστεί από ειδικούς ρομποτικής σε συνεργασία με περιεγχειρητικούς εκπαιδευτικούς. Αρχικά, πολλά μέλη του προσωπικού στέλνονται για εκπαίδευση από τον κατασκευαστή του ρομποτικού συστήματος, και τα αντίγραφα των πιστοποιητικών εκπαίδευσης διατηρείται σε φακέλους προσωπικού τους. Η επί τόπου εκπαίδευση καθίσταται αναγκαία, ωστόσο, λόγω του προϋπολογισμού και των χρονικών περιορισμών, καθώς και την έλλειψη ευκαιριών κατάρτισης από άλλα μέλη του προσωπικού.

Ο ειδικός νοσηλευτής ρομποτικής μπορεί να παρέχει τη συνοχή στο υλικό που διδάσκονται και την τρέχουσα εμπειρία στην ανάπτυξη και την αξιολόγηση των ικανοτήτων. Οι ικανότητες θα πρέπει να περιλαμβάνουν:

- κίνηση με ασφάλεια και ακρίβεια συνδέοντας το σύστημα
- τη τοποθέτηση της κάμερας και των εργαλείων
- την εκτέλεση των απαραίτητων ελέγχων του εξοπλισμού
- Ο σωστός καθαρισμός και αποστείρωση των εργαλείων
- Τοποθέτηση εργαλείων στους ρομποτικούς βραχίονες
- ερμηνεία μηνύματων του ρομποτικού συστήματος
- κατανόηση των διαδικασιών έκτακτης ανάγκης (Πίνακας 5).

Επί του παρόντος, ο μικρός αριθμός των διαδικασιών που πραγματοποιούνται σε πολλές εγκαταστάσεις καθιστά δύσκολο να παρέχει αρκετή εμπειρία για να εκπαιδεύσει επαρκώς και να διατηρήσουν τις δεξιότητες των υπαλλήλων. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, συνεδρίες επαναπροσανατολισμού ένας προς έναν με τα μέλη του προσωπικού μπορεί να υλοποιηθεί όσο το επιτρέπει ο χρόνος. Προπονήσεις

για δύο μέλη του προσωπικού που προσομοιώνουν τη σύσταση για μια διαδικασία είναι ωφέλιμες στο να βοηθούν τα μέλη του προσωπικού να διατηρήσουν τις δεξιότητες. Ιδιαίτερες ανάγκες για κάθε μέλος του προσωπικού πρέπει να τεκμηριώνονται και να εντοπίζονται. Τα μέλη του προσωπικού θα πρέπει επίσης να κληθούν να προσδιορίσουν τι αντιλαμβάνονται ότι πρέπει να είναι η κατάρτισή τους. Έχοντας έναν ειδικό νοσηλευτή ρομποτικής σε όλες τις διαδικασίες είναι σε θέση να αξιολογήσει τις ανάγκες εκπαίδευσης των υπαλλήλων και να δημιουργήσει μια βάση για την ανάπτυξη υλικών πόρων και ενότητες προσανατολισμού.

Είναι σημαντικό να παράσχει καλά υλικά αναφοράς για τα μέλη του προσωπικού, διότι οι διαδικασίες μπορεί να μην είναι επαρκής για τη διατήρηση επαρκούς αριθμού των μελών του προσωπικού που επιδέξια προσανατολίζεται σε αυτές τις διαδικασίες για την κάλυψη διαφόρων αναγκών σε προσωπικό (π.χ., διακοπές, ασθένειες).

Αυτό καθιστά πολύ σημαντικό να έχουν τα μέλη του προσωπικού εκπαιδευτεί με ένα καλό βασικό ρομποτικό υπόβαθρο και καλά υλικά αναφοράς άμεσα διαθέσιμα για αυτούς, έτσι ώστε να είναι σε θέση να εφαρμόσουν την εκπαίδευσή τους όταν εργάζονται σε διαδικασίες που δεν είναι στην υπηρεσία ειδικότητά τους.

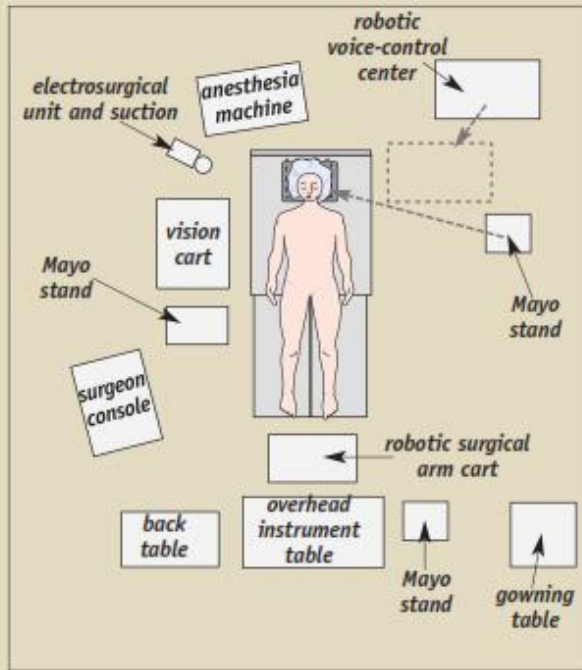
Συχνά, χρησιμοποιείται ένα ρομποτικό set-up οδηγός όπου τα στοιχεία για κάθε δίσκο θα πρέπει να προστεθούν στο στείρο πεδίο για κάθε συγκεκριμένη διαδικασία. Αυτή η διαμόρφωση μειώνει το κόστος των ρομποτικών εργαλείων που δεν χρησιμοποιούνται ή χρησιμοποιούνται σπάνια. Μειώνει επίσης τον φόρτο εργασίας στο τμήμα προσωπικού κεντρικής αποστείρωσης και τη άσκοπη φθορά στα ρομποτικά όργανα.

Αυτός ο ρομποτικός set-up οδηγός, μπορεί επίσης, να παρέχει πληροφορίες σχετικά με την τοποθέτηση του ασθενούς, η οποία είναι παρόμοια με την τοποθέτηση για λαπαροσκοπικές επεμβάσεις, αλλά κατά καιρούς έχει σημαντικές διαφορές. Μερικοί χειρουργοί γυρίζουν το κρεβάτι ή και τοποθετούν τον ασθενή για να καλύφθει από τους χειρουργικούς ρομποτικούς βραχιόνες, άλλοι τοποθετούν τους ρομποτικούς βραχιόνες στο δωμάτιο διαφορετικά για κάθε διαδικασία. Κατά την τοποθέτηση του κρεβατιού και ασθενή στο χειρουργείο ο ειδικός νοσηλευτής ρομποτικής πρέπει να ελέγχει παράγοντες όπως τα εναέρια φώτα που θα μπορούσαν να παρεμποδίσουν την τοποθέτηση των ρομποτικών βραχιόνων. Επιπλέον, μερικοί χειρουργοί χρησιμοποιούν eggcrate αφρό κάτω από τα βρέφη και τα μικρά παιδιά. Οι οδηγοί μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να σταθούν μόνοι τους ή να χρησιμοποιηθούν για να ενισχύσουν τους υπάρχοντες.

Επίσης συχνά, οι ρομποτικοί set-up οδηγοί που χρησιμοποιούνται για να ενισχύσουν τα υπάρχοντα προγράμματα περίθαλψης που καλύπτουν αναγκαία εξοπλισμό, όργανα και προμήθειες για τη διαδικασία, εκτός από τα στοιχεία που απαιτούνται για τη μετατροπή σε μια ανοικτή διαδικασία, είναι αναγκαία.

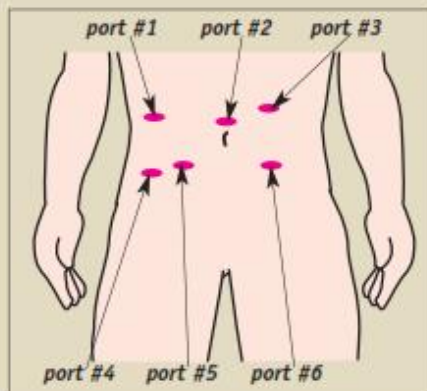
Ο οδηγός set-up περιλαμβάνει λεπτομέρειες για την τοποθέτηση του ασθενούς, τα ρομποτικά εργαλεία που απαιτούνται, τα εργαλεία που έχουν οι χειρουργοί στη διάθεσή τους, αλλά δεν είναι τοποθετημένα, τα ράμματα για το τμήμα ρομποτικής διαδικασίας, και διάφορα άλλα είδη. Αυτοί οι οδηγοί διατηρούνται σε ένα εγχειρίδιο αναφοράς ρομποτικής το οποίο διατηρείται με το ρομποτικό χειρουργικό σύστημα. Έτσι, είναι άμεσα διαθέσιμα για έλεγχο την προηγούμενη μέρα, το πρωί και κατά τη διάρκεια κάθε διαδικασίας. Ο ειδικός νοσηλευτής ρομποτικής μπορεί να τοποθετήσει υπενθυμίσεις στρατηγικά για τον εξοπλισμό στο χειρουργείο αλλά και σε μια κεντρική τοποθεσία από το εγχειρίδιο ρομποτικής αναφοράς για να βοηθήσει τα μέλη του νοσηλευτικού προσωπικού με τις διαδικασίες για το χειρισμό των εργαλείων και του εξοπλισμού με την αποσαφήνιση ορισμένων από τις συγκεκριμένες λεπτομέρειες της δημιουργίας ενός ρομποτικού συστήματος. Παραδείγματα των πόρων είναι εικόνες για το πώς να αποθηκεύσετε το ρομποτικό εξοπλισμό για μέγιστη προστασία από βλάβη, ετικέτες που αποδεικνύουν όπου τα καλώδια θα πρέπει να συνδεθεί σε οθόνες και συσκευές εγγραφής, υπενθυμίσεις σε κάμερες για την εξισορρόπηση λευκού χρώματος, και μια set-up λίστα διαδικασιών με εικόνες.

Robotic Set-up Guide for Prostatectomy



Port sites

- Port #1: 5-mm accessory port
- Port #2: 12-mm port centered above the patient's umbilicus a minimum of 18 cm from the pubus for the telescope
- Port #3: 5-mm accessory port, if needed, for extra retraction
- Port #4: 12-mm port with 5-mm reducer cap to accommodate laparoscopic stapler
- Port #5: 8-mm robotic port
- Port #6: 8-mm robotic port



Positioning

- Tape mattress to frame of split-leg OR bed to prevent sliding when in Trendelenburg position.
- Place patient supine on OR bed.
- Tuck patient's arms at his or her sides.
- Place temperature-regulating blanket on patient's upper body.
- Place bed in reverse Trendelenburg; lower bed before bringing in robotic arms.
- After prepping and draping, move Mayo stand over patient's head to protect from camera arm.

Suture

- 0-polyglactin with a medium-sized cutting-taper needle for ligating the dorsal vein complex; cut 6 inches long and flatten needle; have ready for emergency use during stapling of dorsal vein complex.
- 3-0 polyglactin with small-medium taper needle; cut 5 inches long for oversewing bulldog clamps on pedicles.
- 3-0 polyglactone with small taper needle (ie, one each dyed and undyed), which are tied together with tissue bolster.

Robotic instruments

- 0-degree and 30-degree endoscopes
- Bifurcated light-cable tray
- Basic robotic instrument tray
- Bipolar electrocautery
- Robotic accessory tray
- Stapler with special port
- Starts with 30-degree endoscope, robotic bipolar forceps, monopolar spatula electrocautery, round-tip scissors, and two large needle drivers.

Notes

- Open the following items.
 - Extra-long laparoscopy suction/irrigation tip
 - Bulldog clamps and appliers
- Put 1,000 units (ie, 1 mL of 1:1,000) heparin in 1,000 mL bag of normal saline (NS) (ie, 1 unit heparin/1 mL NS).
- Have suture boots ready to place on a curved grasper or fine dissector for retraction during urethral anastomosis.
- Have the following available in the room.
 - Hemostatic agent and applicator
 - Endoscopic-laparoscopic pouch
 - Ligature clips/appliers for nonnerve-sparing procedures.

Reprinted with permission from University of Iowa Hospitals and Clinics, Iowa City.

Εικόνα 18 Παράδειγμα set – up οδηγού για προστεκτομή με ρομποτική χειρουργική.

4.3 Φροντίδα ασθενούς

Από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ο ρόλος του νοσηλευτικού προσωπικού αλλάζει σημαντικά με τη χρήση της ρομποτικής τεχνολογίας. Μειώνονται τα καθήκοντα των νοσηλευτών ως προς την πρόληψη των επιπλοκών λόγω παρατεταμένης κατάκλισης, καθώς η

ρομποτική τεχνολογία στις περισσότερες περιπτώσεις εξασφαλίζει γρήγορη ανάρρωση και επιστροφή του ασθενούς στις καθημερινές του δραστηριότητες.

Παρ' όλα αυτά, η συμβολή του νοσηλευτικού προσωπικού στην εφαρμογή της ρομποτικής τεχνολογίας στην κλινική πρακτική είναι ιδιαίτερα σημαντική τόσο προεγχειρητικά και μετεγχειρητικά όσο και κατά τη διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης.

Κατά τη μετεγχειρητική περίοδο, δεν χρειάζεται συνεχή επίβλεψη των παροχετεύσεων, των ζωτικών σημείων, του γύψινου επιδέσμου και άλλων παραμέτρων από το νοσηλευτικό προσωπικό, εφόσον οι πιθανότητες επιπλοκών είναι ελάχιστες έως μηδαμινές. Η χορήγηση αναλγητικών και ηρεμιστικών φαρμάκων, καθώς και η διενέργεια μεταγγίσεων αίματος και πλάσματος αποτελούν πλέον μη απαραίτητες νοσηλευτικές παρεμβάσεις, καθώς όπως προαναφέρθηκε ελαχιστοποιείται η απώλεια αίματος, ο μετεγχειρητικός πόνος και η μετεγχειρητική δυσφορία. Επίσης, μειώνεται σημαντικά η διενέργεια εξετάσεων που πρέπει να πραγματοποιηθούν με σκοπό την ανίχνευση επιπλοκών. Έτσι, ο νοσηλευτής δεν χρειάζεται να προετοιμάσει τον ασθενή για εξετάσεις, όπως ενημέρωση, εφαρμογή δίαιτας, χορήγηση φαρμάκων κ.τ.λ.

Γίνεται, λοιπόν, κατανοητό ότι με τη χρήση της ρομποτικής τεχνολογίας στην ιατρική και νοσηλευτική πρακτική μειώνονται σημαντικά τα επίπεδα άγχους και εξουθένωσης των νοσηλευτών λόγω μειωμένου φόρτου εργασίας. Έτσι, οι νοσηλευτές δείχνουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τους ασθενείς, με αποτέλεσμα την παροχή ποιοτικής νοσηλευτικής φροντίδας. Έχουν πλέον περισσότερο διαθέσιμο χρόνο, έτσι ώστε να παρέχουν ενημέρωση και ψυχολογική υποστήριξη στους ασθενείς.

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη σωστή εφαρμογή της ρομποτικής επιστήμης στην ιατρική πρακτική αποτελεί η διαρκής ενημέρωση, επιμόρφωση και εκπαίδευση του ιατρονοσηλευτικού προσωπικού στις νέες τεχνολογικές δυνατότητες. Εκείνο όμως που πρέπει να τονιστεί είναι ότι το νοσηλευτικό προσωπικό θα παραμείνει αναντικατάστατο για τον ασθενή, διότι οι νοσηλευτές γεφυρώνουν το χάσμα μεταξύ τεχνολογίας και επιστήμης, διασταυρώνοντας τον ανθρώπινο πόνο με την ανθρώπινη ελπίδα. Είναι απαραίτητο οι νοσηλευτές να ξεπεράσουν τους φόβους και τους ενδοιασμούς τους σχετικά με την εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών και την ενσωμάτωσή τους στο χώρο του χειρουργείου, αποκτώντας νέα καθήκοντα και αρμοδιότητες τόσο κλινικά όσο και μη-κλινικά.

Κεφάλαιο 5^ο Το μέλλον και οι προκλήσεις για το νοσηλευτή - Συμπεράσματα

Καθώς όλο και περισσότεροι χειρουργοί εκτελούν ρομποτική χειρουργική και περισσότεροι ασθενείς θα την βιώσουν, οι νοσηλευτές

χειρουργείου θα δούν τους ρόλους τους να αλλάζουν επίσης. Έως τώρα, ως επί το πλείστον ο ρόλος του νοσηλευτή παραδοσιακά υπήρξε αυτός ενός ασθενή συνηγόρου που προσφέρει συναισθηματική υποστήριξη, ενός μέλους της ομάδας ασφάλειας των ασθενών και της παροχής κλινικής φροντίδας. Τώρα, η τεχνολογική εποπτεία είναι ένα μεγάλο μέρος της εικόνας.

Πριν ο ασθενής φτάνει στο πεδίο, οι νοσηλευτές βεβαιώνονται ότι ο μεγάλος ρομποτικός εξοπλισμός έχει παραμετροποιηθεί και τοποθετηθεί σωστά στο χειρουργείο. Ο ασθενής πρέπει να τοποθετηθεί με έναν ορισμένο τρόπο ανάλογα με το τι χειρουργική επέμβαση θα πρέπει να εκτελεστεί, και τις προτιμήσεις του χειρουργού. Ως εκ τούτου, την ακριβή τοποθέτηση των ασθενών, η προσεκτική κάλυψη όλων των σημείων πίεσης, και η κατάλληλη εφαρμογή των αντιολισθητικών υλικών είναι υψίστης σημασίας για την πρόληψη νευρομυϊκών τραυματισμών. Οι χειρουργοί χρησιμοποιούν διαφορετικά εργαλεία που συνδέονται με τα χέρια του ρομπότ ανάλογα με το είδος της χειρουργικής επέμβασης: οι νοσηλευτές πρέπει να βεβαιωθούν ότι τα κατάλληλα εργαλεία είναι έτοιμα προς χρήση, είτε τοποθετημένα στο ρομπότ είτε προς άμεση τοποθέτηση. Λόγω της τεχνολογίας, οι νοσηλευτές πρέπει να σκεφτούν διαφορετικούς τρόπους αντιμετώπισης των προβλημάτων, ώστε να παρέχουν την καλύτερη φροντίδα των ασθενών.

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, η δράση λαμβάνει χώρα στο σώμα του ασθενούς και εμφανίζεται σε μία οθόνη υψηλής ευκρίνειας στο χειρουργείο. Οι νοσηλευτές παρατηρούν αυτή την οθόνη για να προβλέψουν τις ανάγκες του χειρουργού. Ο λόγος για τον οποίο πολλοί νοσηλευτές επιλέγουν να εργαστούν στο θέατρο που λειτουργούν είναι επειδή αγαπούν την ανατομία, τη φυσιολογία και την τεχνολογία. Οι συναρπαστικές πτυχές της ρομποτικά-υποβοηθούμενης χειρουργικής επέμβασης είναι η συνεχής εξέλιξη της νέας τεχνολογίας, η ομαδική εργασία και τη διεπιστημονική χειρουργική πρακτική, ιδιαίτερα στο πεδίο της χειρουργικής ογκολογίας.

Μέχρι πρόσφατα, ήταν άγνωστο πώς η ρομποτική χειρουργική θα αναπτυχτεί και θα εξελιχτεί. Η ρομποτική δεν αντικαθιστά την ανθρώπινη νοημοσύνη, την ικανότητα και την εμπειρία αλλά υπάρχει η σιγουριά, ότι είναι η χειρουργική του μέλλοντος. Αυτό αποτελεί και τη μεγίστη πρόκληση για το νοσηλευτή. Η φροντίδα της σωστής λειτουργίας του εξοπλισμού είναι στα δικά του χέρια και συνεπώς ο ρόλος του στο χειρουργείο της ρομποτικής χειρουργικής καθίσταται ολοένα και πιο σημαντικός.

Η εκπαίδευση του νοσηλευτή, αποτελεί και το βασικό σημείο όπου θα πρέπει να εισέλθουν αλλαγές. Η παραδοσιακή εκπαίδευση στηριζόταν στις ανάγκες του μέχρι τότε συστήματος νοσηλείας. Η εισαγωγή της ρομποτικής χειρουργικής (αλλά και των υπολοίπων νέων μεθόδων, καθώς και αυτών που προφανώς έπονται καθώς η ιατρική τεχνολογία εξελίσσεται) απαιτεί πλέον ένα νοσηλευτή με γνώσεις που μέχρι τώρα ήταν παντελώς ασύμβατες με το αντικείμενο. Η γνώση Η/Υ, ηλεκτρονικών, μηχανολογίας και στοιχείων κινηματικής και δυναμικής είναι πλέον απαραίτητες καθώς η ιατρική οδεύει

προς τα εμπρός καθώς ο ίδιος ο νοσηλευτής αποτελεί πλέον εργαλείο αυτής και όχι περιφερειακό πόρο.

Η ρομποτική, ως ένας αναδυόμενος τομέας της υγειονομικής περίθαλψης, θα επηρεάσει επίσης σε μεγάλο βαθμό τον τρόπο που η νοσηλευτική ασκείται στο μέλλον. Η ανάπτυξη στη ρομποτική αναμένεται λόγω των ελλείψεων εργατικού δυναμικού, του αυξανόμενου πληθυσμού ηλικιωμένων, καθώς και μια πρόσκληση για την περίθαλψη ποιότητας που δεν υπόκεινται σε ανθρώπινους περιορισμούς. Περιοχές της προβλεπόμενης ανάπτυξης της ρομποτικής περιλαμβάνουν τη νανοϊατρική, την εμβιομηχανοτρονική, και τη χρήση των ρομπότ ως φορείς παροχής άμεσης φροντίδας.

Η Νανοϊατρική, η οποία είναι η εφαρμογή της νανοτεχνολογίας (μηχανική μικροσκοπικών μηχανών ή ρομποτικές συσκευές) για την πρόληψη και τη θεραπεία της νόσου στο ανθρώπινο σώμα, είναι μια εξελισσόμενη επιστήμη και έχει τη δυνατότητα να αλλάξει δραματικά την ιατρική επιστήμη. Η νανοϊατρική θα πρέπει να είναι πλέον κοινή τεχνολογία σε περίπου 2 με 3 δεκαετίες, με εξελιγμένες νανοσυσκευές, ή νανομηχανές, να εκτελούν επισκευή ζημιών που έχουν συσσωρευτεί ως αποτέλεσμα του μεταβολισμού εκτελώντας νανορομποτικές θεραπευτικές διαδικασίες για κάθε ένα από τα 75 τρισεκατομμύρια κύτταρα ~ που αποτελούν το ανθρώπινο σώμα. Τα μικρορομπότ και οι νανοδιατάξεις, που θα κυκλοφορούν στην κυκλοφορία του αίματος, θα πρέπει να είναι σε θέση να προσδιορίσουν και να επισκευάσουν συστήματα από νωρίς στις διαδικασίες ασθενειών για να μειώσουν σημαντικά ή να εξαλείψουν τον κίνδυνο καρκίνου.

Από τις αρχές της δεκαετίας του 2020, η μοριακή κατασκευή θα επιτρέψει τα πρώτα νανορομπότ να παράγονται ανέξοδα για χρήση στην ιατρική. Μόλις μπουν σε κοινή κλινική χρήση, τα νανορομπότ θα έχουν τεράστιο θετικό αντίκτυπο στις ζωές δισεκατομμυρίων ανθρώπων. Θεωρητικά, η τεχνολογία τους θα μπορούσε να γίνει η αποτελεσματική λήξη της γήρανσης καθώς και η αντιστροφή του ρεύματος βιολογικής ηλικίας του ατόμου σε κάθε νέα εποχή που είναι επιθυμητός.

Θα υπάρξουν επίσης περισσότερες συγχωνεύσεις των ανθρώπων και των μηχανών μέσω της εμβιομηχανοτρονικής, πράγμα που σημαίνει τη δημιουργία μηχανών που αναπαράγουν ή μιμούνται το πώς λειτουργεί το σώμα. Για παράδειγμα, είναι πιθανό από το 2020 να υπάρχουν βηματοδότες για το πάγκρεας για τους διαβητικούς, διέγερση των μυών που να ελέγχονται διανοητικά για επιζώντες εγκεφαλικού επεισοδίου και ατυχημάτων, καθώς επίσης και μικροσκοπικές κάμερες και μικρόφωνα που μπορούν να συνδεθούν στον εγκέφαλο, επιτρέποντας τους τυφλούς να δουν και τους κωφούς να ακούν.

Η τεχνολογία ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (EEG) υπάρχει και χρησιμοποιεί μαθηματικούς αλγορίθμους για να διαβάσουν το μυαλό, να αποκαταστήσουν τη βλάβη ελεγχόμενη από τον εγκέφαλο στον παράλυτο, να

μετακινούν πειραματικές αναπηρικές καρέκλες μόνο από εγκεφαλικά κύματα, και να εξερευνήσουν τον έλεγχο του παιχνιδιού χωρίς χειριστήριο.

Το πρώτο πρωτότυπο ενός βιονικού ματιού είναι διαθέσιμο από το 2013. Το βιονικό μάτι λειτουργεί, έχοντας μια μικροσκοπική κάμερα που τοποθετείται στα γυαλιά ενός ατόμου. Η κάμερα στέλνει σήματα σε ένα εμφύτευμα στον αμφιβληστροειδή, ο οποίος στέλνει ερεθίσματα στον εγκέφαλο, τα οποία γίνονται αντιληπτά ως εικόνες. Περίπου 30 άτομα έχουν λάβει τεχνητό αμφιβληστροειδή μέχρι στιγμής και η τεχνολογία συνεχίζει να βελτιώνεται. Μελλοντικές προσαρμογές αυτού του ματιού έχουν τη δυνατότητα να αλλάξουν τη ζωή για άτομα με εκφύλιση της ωχράς κηλίδας, μια ασθένεια που επηρεάζει 1,75 εκατομμύρια Αμερικανούς.

Περιμένουμε να δούμε πολλά περισσότερα όσον αφορά στη ρομποτική και θα έχουν αναπτυχθεί στο σημείο που οι διαφορές μεταξύ του τι αυτές οι μορφές ζωής και οι άνθρωποι μπορούν να κάνουν θα είναι μικρότερες από ό,τι ποτέ. Για παράδειγμα, περισσότερα ρομπότ θα χρησιμοποιηθούν σε χειρουργικές διαδικασίες, αφού ήδη είναι πιο ακριβή και πιο σταθερά από τον άνθρωπο. Τα Ρομπότ που θα χρησιμοποιούνται είναι επίσης όλο και περισσότερο για να παρέχουν άμεση φροντίδα των ασθενών. Ρομπότ υπηρεσίας που αναπτύχθηκαν για χρήση ως φροντιστές στην Ιαπωνία, κυρίως για τους ηλικιωμένους. Αυτά τα ρομπότ βοηθούν με εργασίες όπως το πλύσιμο ή την άσκηση σε ηλικιωμένους ασθενείς, αν και το σύστημα εξακολουθεί να μην έχει αναπτυχθεί για εμπορευματοποίηση.

Είναι η χρήση των ρομπότ ως άμεσων φορέων παροχής υπηρεσιών, όμως, που θα έχει τις περισσότερες επιπτώσεις στο μέλλον στη νοσηλευτική. Επί του παρόντος, τα πρωτότυπα των ρομπότ σωματικής φροντίδας βρίσκονται σε εξέλιξη, και η εμπορική παραγωγή μπορεί ακόμα να πάρει κάποιο χρόνο. Τα ρομπότ υπηρεσιών ψυχικής φροντίδας είναι ήδη εδώ και χρησιμοποιούνται ως θεραπευτικές προσθήκες στη φροντίδα ψυχικής υγείας.

Πολλοί πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης έχουν εκφράσει ανησυχία για την έλλειψη συγκίνηση σε ρομπότ, γεγονός που υποδηλώνει ότι αυτό είναι το στοιχείο που ποτέ δεν θα αντικαταστήσει την ανθρώπινη φροντίδα. Η νέα τεχνολογία στην Ιαπωνία, ωστόσο, έχει οδηγήσει σε ένα είδος νοημοσύνης ρομπότ που είναι γνωστή ως "Kansei," (KEN-ZI), που κυριολεκτικά σημαίνει «συναίσθημα ή αίσθηση." Το Kansei ρομπότ παρακολουθεί τις ανθρώπινες εκφράσεις, χειρονομίες, και τη γλώσσα του σώματος. Μπορούν επίσης να αισθανθούν το ανθρώπινο συναίσθημα μέσω αισθητήρων που παρακολουθούν τους καρδιακούς παλμούς και τον ιδρώτα.

Τα Ρομπότ θα χρησιμοποιούνται επίσης όλο και περισσότερο ως συνοδοί. Ταχυδρόμοι ρομπότ μπορούν να βρουν και να παραδώσουν φάρμακα, προμήθειες, εξοπλισμό και άλλα αγαθά, έτσι ώστε σπάνια, πολύτιμοι άνθρωποι πόροι να χρειάζεται να εγκαταλείψουν την περιοχή φροντίδα των ασθενών.

Τα νεότερα ρομπότ προσομοίωσης ιδρώνουν, κλαίνε, γίνονται κυανωτικά, και μιλούν. Αλλά όπως και με άλλες εφαρμογές ρομποτικής, οι ηγέτες νοσηλευτές θα κληθούν να καταλάβουν τη προσομοίωση. Ίσως μέχρι το 2020, η προσομοίωση θα είναι τόσο ανεπτυγμένη ώστε οι περισσότερες από τις κλινικές μάθησης των μαθητών να μπορούν να γίνουν σε ένα εργαστήριο προσομοίωσης. Θα ήταν σίγουρα πιο ασφαλές για τους ασθενείς και θα μπορούσε να εξαλείψει την αγωνία να βρεθούν αρκετές κλινικές εγκαταστάσεις. Η πρόκληση της νοσηλευτικής ηγεσίας, όμως, είναι να προσδιοριστεί ο βαθμός της πραγματικής ανθρώπινης αλληλεπίδρασης που απαιτείται για τους μαθητές ώστε να αναπτύξουν την τέχνη της επαγγελματικής νοσηλευτικής.

Το περιβάλλον της υγειονομικής περίθαλψης θα συνεχίσει επίσης να μετατρέπεται γρήγορα από τη νέα τεχνολογία ως αποτέλεσμα της ανάγκης για την παροχή εμπιστευτικότητας και της ασφάλειας των δεδομένων του ασθενούς. Για το σκοπό αυτό, οι προγραμματιστές των νέων τεχνολογιών πρέπει να εξασφαλίζουν ότι η πρόσβαση είναι τόσο στοχευόμενη και κατάλληλη. Τα βιομετρικά στοιχεία, ή η επιστήμη της ταυτοποίησης ανθρώπων μέσα από τα φυσικά χαρακτηριστικά, όπως τα δακτυλικά αποτυπώματα, τη, σάρωση του αμφιβληστροειδούς την αναγνώριση φωνής, τη δομή του προσώπου, και δυναμικές υπογραφές, συχνά προτείνεται ως λύση στο πρόβλημα πρόσβασης στις πληροφορίες. Οι ειδικοί προτείνουν ότι οι βιομετρικές υπογραφές θα γίνουν κοινός τόπος στις περισσότερες οργανώσεις υγειονομικής περίθαλψης, δεδομένου ότι θα παρέχουν την απαραίτητη ασφάλεια για το ιατρικό ιστορικό.

Ακόμα και τα αρχεία της υγείας συνεχίζουν να εξελίσσονται ως αποτέλεσμα της τεχνολογίας. Οποιοσδήποτε αλλαγές στην τεκμηρίωση της φροντίδας έχουν σημαντική επίπτωση στην νοσηλευτική πρακτική. Το ηλεκτρονικό αρχείο υγείας (HMY) είναι μια ψηφιακή καταγραφή της ιστορίας της υγείας του ασθενούς που μπορεί να αποτελείται από αρχεία από πολλές θέσεις και τις πηγές, όπως τα νοσοκομεία, οι πάροχοι, κλινικές και υπηρεσίες δημόσιας υγείας. Το HMY είναι διαθέσιμο 24 ώρες την ημέρα, 7 ημέρες την εβδομάδα και έχει ενσωματωμένες εγγυήσεις για τη διασφάλιση εμπιστευτικότητας των πληροφοριών των ασθενών για την υγεία και την ασφάλεια.

Η ηγεσία είναι ένα σύνολο ικανοτήτων που αναγνωρίζεται όλο και περισσότερο ως κρίσιμης σημασίας για τους νοσηλευτές στον 21ο αιώνα, με κυριότερο τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν την τεχνολογία που διευκολύνει την κινητικότητα, καθώς και τις σχέσεις, τις αλληλεπιδράσεις και των λειτουργικών διαδικασιών. Αυτό το σύνολο ικανοτήτων προβλέπεται να γίνει ακόμη πιο κρίσιμο στην κοντινή δεκαετία. Ένας στόχος που προσδιορίζεται στις Υγιείς ανθρώπινες πρωτοβουλίες το 2020 είναι η χρήση των στρατηγικών επικοινωνίας για την υγεία και την τεχνολογία πληροφοριών για την υγεία (IT) τη βελτίωση των αποτελεσμάτων της υγείας του πληθυσμού και την ποιότητα της υγειονομικής περίθαλψης, καθώς και για την επίτευξη της ισότητας στην

υγεία (Υγιείς Άνθρωποι 2020, 2012). Οι νοσηλευτές θα χρειαστούν τις δεξιότητες για τη χρήση της πληροφορικής σε προχωρημένο επίπεδο που απαιτείται για την υποστήριξη αυτών των στόχων.

Οι υπολογιστές θα συνεχίσουν να δραματίζουν σημαντικό ρόλο στην απόκτηση και διανομή της γνώσης, δεδομένου ότι έχουν σημαντικές δυνατότητες να επεκτείνουν δραματικά την ικανότητα της μνήμης μας και τη γνωστική ικανότητα, δύο στοιχεία που αποτελούν τη βάση της διαδικασίας σκέψης μας. Ως εκ τούτου, θα γίνουν ένα ισχυρό εργαλείο για να βοηθήσει τους νοσηλευτές να γίνουν πιο αποδοτικοί και αποτελεσματικοί και να αξιοποιήσουν τη στρατηγική ηγεσία και τη λήψη αποφάσεων, όταν εφαρμόζεται σωστά.

Είναι λοιπόν σαφές ότι οι νοσηλευτές θα πρέπει όλο και περισσότερο να είναι εμπειρογνώμονες σε διαχείριση πληροφοριών, συμπεριλαμβανομένης της απόκτησης και της διανομής της γνώσης. Σε ένα επάγγελμα όπου η γνώση διπλασιάζεται κάθε έξι χρόνια, οι νοσηλευτές δεν μπορούν πλέον να είναι ο κάτοχος της γνώσης. Αντ' αυτού, θα πρέπει να γίνουν ο κύριος της συλλογής και ανταλλαγής αυτής της γνώσης με τους άλλους. Καθώς οι ανάγκες των ασθενών και τα περιβάλλοντα φροντίδας έχουν γίνει πιο περίπλοκα, οι νοσηλευτές πρέπει να επιτύχουν τις απαιτούμενες ικανότητες για την παροχή υψηλής ποιότητας περίθαλψης συμπεριλαμβανομένης της ηγεσίας, πολιτικής για την υγεία, τη βελτίωση του συστήματος, την έρευνα και την πρακτική βάσει στοιχείων, την ομαδική εργασία και συνεργασία.

Νοσηλευτική Διεργασία:

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ 1^{ΗΣ} ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ (ΑΣΘΕΝΗΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΠΡΟΣΤΑΤΕΚΤΟΜΗ)

Άνδρας 65 ετών, ύστερα από διουρηθρική προστατεκτόμη η οποία πραγματοποιήθηκε στις 24/2/2016, εισέρχεται στην ΜΜΦ (Μονάδα Μετεγχειρητικής Φροντίδας). Ο ασθενής έχει τις αισθήσεις του και είναι προσανατολισμένος. Τα ζωτικά του σημεία είναι σταθερά και έχει τοποθετηθεί σύστημα έκλυσης της ουροδόχου κύστεως.

ΑΝΑΓΚΕΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΣΘΕΝΟΥΣ	- ΑΝΤΚΕΙΜΕΝΙΚΟΙ ΣΚΟΠΟΙ	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΝΟΣΗΛΕΥΤΙΚΗΣ ΦΡΟΝΤΙΔΑΣ	ΕΚΤΙΜΗΣΗ
<ul style="list-style-type: none"> · Διαταραχή όγκου υγρών · Μετεγχειρητική αιμορραγία · Έλλειψη γνώσεων αυτοφροντίδας · Άγχος και ανησυχία για πιθανή σεξουαλική δυσλειτουργία 	<ul style="list-style-type: none"> · Ο ασθενής να έχει φυσιολογικό όγκο υγρών και σταθερά ζωτικά σημεία · Ο ασθενής να έχει διαυγή προς ροζ παροχέτευση ούρων χωρίς θρόμβους · Ο ασθενής να αναφέρει πιθανά σημεία λοίμωξης, να 	<ul style="list-style-type: none"> · Να γίνεται καταγραφή και παρακολούθηση των ζωτικών σημείων του ασθενή · Παρακολούθηση και καταγραφή των προσλαμβανόμενων και αποβαλλόμενων · Πραγματοποίηση έκπλυσης της ουροδόχου κύστεως · Χορήγηση ενδοφλέβιων υγρών σύμφωνα με οδηγίες · Διδασκαλία του 	<ul style="list-style-type: none"> · Έγινε καταγραφή και παρακολούθηση των ζωτικών σημείων του ασθενή · Έγινε Καταγραφή αποβαλλόμενων (3200 ml) και προσλαμβανόμενων (3500 ml) · Έγινε έκπλυση της ουροδόχου κύστεως σύμφωνα με τις ιατρικές οδηγίες 	<ul style="list-style-type: none"> · Ο ασθενής έχει σταθερά ζωτικά σημεία · Ισορροπία όγκου υγρών λόγω της ενδοφλέβιας έγχυσης, ο ασθενής πλέον λαμβάνει επαρκή ποσότητα υγρών από του στόματος · Παροχετεύονται ροζ ούρα χωρίς

	<p>εξηγεί την ανάγκη για αύξηση της πρόσληψης υγρών, να φροντίζει το τραύμα και να ακολουθεί την φαρμακευτική αγωγή</p> <ul style="list-style-type: none"> · Ο ασθενής να απαλλαγεί από το άγχος πριν την έξοδο του από το νοσοκομείο 	<p>ασθενή ώστε να μπορεί να αναγνωρίζει τα σημεία λοίμωξης, ενημέρωση σχετικά με την φαρμακευτική αγωγή, για ποιο λόγο λαμβάνει κάθε φάρμακο, πως και πότε θα το λαμβάνει</p> <ul style="list-style-type: none"> · Να γίνει ενθάρρυνση του ασθενή να εκφράσει τους φόβους και τις ανησυχίες του · Ο ασθενής να συζητήσει τις ανησυχίες του με την σύντροφο του 	<ul style="list-style-type: none"> · Έγινε Ενδοφλέβια έγχυση 150 ml ανά ώρα · Έγινε διδασκαλία του ασθενή · Ο ασθενής εξέφρασε τους φόβους και τις ανησυχίες του τόσο στο ιατρονοσηλευτικό προσωπικό όσο και στην σύντροφο του · Συμβουλευτήκε για άλλους τρόπους στενής προσωπικής επαφής 	<p>θρόμβους λόγω της έκπλυσης</p> <ul style="list-style-type: none"> · Ο ασθενής είναι πλέον ικανός να φροντίζει τον εαυτό του, καθώς και για ακριβή περιγραφή τυχόν προβλημάτων, έχει κατανοήσει πως και πότε να λαμβάνει τα φάρμακα του · Ο ασθενής είναι πλέον πιο ήρεμος
--	--	--	--	--

		<ul style="list-style-type: none">· Να γίνει παροχή πληροφοριών στον ασθενή σχετικά με εναλλακτικούς τρόπους επίτευξης στύσης· Να συμμετάσχει και η σύντροφος του στις συζητήσεις		
--	--	--	--	--

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ 2^{ΗΣ} ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ (ΑΣΘΕΝΗΣ ΜΕ ΚΟΛΠΙΚΗ ΜΑΡΜΑΡΥΓΗ)

Στα Εξωτερικά Ιατρεία προσήλθε 38χρονος άνδρας περιπατητικός στις 6/02/2016 στις 10:30 π.μ με δύσπνοια, έντονο αίσθημα παλμών και δυσφορία λόγω πόνου στο στήθος. Η πιθανή διάγνωση εισόδου είναι η παροξυσμική κολπική μαρμαρυγή και κατόπιν κλινικής εξέτασης του ασθενούς, έγινε εισαγωγή αυτού στη Μονάδα Εμφραγμάτων.

Ανάγκες- Προβλήματα ασθενούς	Αντικειμενικοί Σκοποί	Προγραμματισμός Νοσηλευτικής Φροντίδας	Εφαρμογή Νοσηλευτικής Φροντίδας	Εκτίμηση
<p>Ο ασθενής παρουσίασε έντονη δυσφορία και αίσθημα δυσανεξίας, λόγω πόνου στο στήθος.</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Να ανακουφιστεί ο ασθενής από το αίσθημα πόνου. · Να απαλλαγεί το συντομότερο δυνατό από το αίσθημα πόνου. 	<ul style="list-style-type: none"> · Καθορισμός του πώς αντιδρά ο ασθενής συνήθως στον πόνο. · Αξιολόγηση σημείων πόνου (π.χ. προφορικές εκδηλώσεις, ανησυχία, εφίδρωση, ωχρότητα, ταχυκαρδία κ.λπ.). · Αξιολόγηση της αντίληψης του ασθενούς στον πόνο (εντόπιση, ένταση, τύπος, χρήση αριθμητικής κλίμακας). 	<ul style="list-style-type: none"> · Ο ασθενής παρουσίασε έντονη ανησυχία, ωχρότητα, εφίδρωση και ταχυκαρδία 120 / λεπτό. · Σύμφωνα με την αριθμητική κλίμακα ο ασθενής εκτιμά ότι ο πόνος του διαβαθμίζεται 8/10. · Ο ασθενής τοποθετήθηκε σε ύπτια θέση επί κλίνης. · Τέθηκε αναλγητική αγωγή : 1amp Aprotel σε 100cc N/S 0.9% IV άπαξ, οδηγία ιατρού. 	<ul style="list-style-type: none"> · Ο πόνος υποχώρησε και ο ασθενής ήταν λιγότερο ανήσυχος.

		<ul style="list-style-type: none">· Αξιολόγηση παραγόντων που μειώνουν ή εντείνουν τον πόνο.· Χορήγηση φαρμάκων πριν από κάθε επώδυνο χειρισμό και πριν από την επίταση του πόνου.· Εφαρμογή μη φαρμακευτικών μέτρων ύφεσης του πόνου(αλλαγή θέσης, απόσπαση προσοχής, τεχνικές χαλάρωσης).· Χορήγηση αναλγητικών φαρμάκων.		
--	--	--	--	--

Ανάγκες- Προβλήματα ασθενούς	Αντικειμενικοί Σκοποί	Προγραμματισμός Νοσηλευτικής Φροντίδας	Εφαρμογή Νοσηλευτικής Φροντίδας	Εκτίμηση
<p>Ο ασθενής παρουσίασε δύσπνοια.</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Να ανακουφιστεί ο ασθενής από το αίσθημα της δύσπνοιας. · Να αποκατασταθούν το συντομότερο δυνατό οι αναπνοές του ασθενούς στα φυσιολογικά επίπεδα . 	<ul style="list-style-type: none"> · Καθορισμός του πώς αντιδρά ο ασθενής. · Αξιολόγηση σημείων δύσπνοιας (π.χ. προφορικές εκδηλώσεις, ανησυχία, εφίδρωση, κυάνωση, κ.λπ.). · Αξιολόγηση παραγόντων που μειώνουν ή εντείνουν τη δύσπνοια. · Εφαρμογή μη φαρμακευτικών μέτρων ύφεσης του πόνου(αλλαγή θέσης, απόσπαση προσοχής, τεχνικές 	<ul style="list-style-type: none"> · Ο ασθενής παρουσίασε έντονη ανησυχία και εφίδρωση. · Ο ασθενής τοποθετήθηκε σε ύπτια θέση επί κλίνης. · Έγινε λήψη των ζωτικών σημείων : A.Π.: 110/60mmHg Σφίξεις: 75 /min SpO2: 93% Θερμ.: 36,4 °C 16 αναπν. /min · Χορηγήθηκε ρινικό O₂ στα 3 lt. · Τοποθετήθηκε οξύμετρο για συνεχή 	<ul style="list-style-type: none"> · Η δύσπνοια ελατώθηκε και ο ασθενής έπαψε να είναι ανήσυχος.

		<p>χαλάρωσης).</p> <ul style="list-style-type: none">· Χορήγηση O₂.· Λήψη απεικονιστικών και εργαστηριακών εξετάσεων.	<p>καταγραφή του κορεσμού του O₂.</p> <ul style="list-style-type: none">· Έγινε λήψη αρτηριακού αίματος.· Έγινε Ro θώρακος (F-P).	
--	--	---	---	--

Ανάγκες- Προβλήματα ασθενούς	Αντικειμενικοί Σκοποί	Προγραμματισμός Νοσηλευτικής Φροντίδας	Εφαρμογή Νοσηλευτικής Φροντίδας	Εκτίμηση
Ο ασθενής εμφάνισε έντονο αίσθημα παλμών.	· Να απαλλαγεί ο ασθενής από το έντονο αίσθημα παλμών.	<ul style="list-style-type: none"> · Καθορισμός του πώς αντιδρά ο ασθενής. · Αξιολόγηση των ζωτικών σημείων του ασθενούς. · Σύνδεση ασθενούς με monitor. · Λήψη απεικονιστικών και εργαστηριακών εξετάσεων. · Χορήγηση φαρμακευτικής αγωγής. 	<ul style="list-style-type: none"> · Έγινε λήψη των ζωτικών σημείων : A.Π.: 100/70mmHg Σφίξεις: 100 /min SpO2: 97% Θερμ.: 36,8 °C 16 αναπν. /min · Έγινε συνεχής καταγραφή του καρδιακού ρυθμού μέσω monitor. · Έγινε λήψη ηλεκτροκαρδιογραφήματος. · Έγινε λήψη όλων των απαραίτητων εργαστηριακών εξετάσεων(Γεν. αίματος, 	<ul style="list-style-type: none"> · Το αίσθημα των παλμών δεν αποκαταστάθηκε και η αρρυθμία του ασθενούς δεν διορθώθηκε και κατόπιν της χορηγήσεως του Angoron. Στις 11/3/2013 στις 10:00 π.μ. έγινε ηλεκτρική ανάταξη της κολπικής μαρμαρυγής του ασθενούς. Η αρρυθμία του ασθενούς πλέον αποκαταστάθηκε και

			<p>βιοχημικός έλεγχος, έλεγχος των καρδιακών ενζύμων και κυρίως της τροπονίνης κ.ά)</p> <ul style="list-style-type: none">· Δόθηκε αγωγή κατόπιν ιατρικής εντολής με D/W 5%+ Angoron 4 amp στα 25ml/h iv, μέσω μονής αντλίας έγχυσης φαρμάκων.	<p>ο ίδιος ένωθε καλύτερα.</p>
--	--	--	--	--------------------------------

Ανάγκες- Προβλήματα ασθενούς	Αντικειμενικοί Σκοποί	Προγραμματισμός Νοσηλευτικής Φροντίδας	Εφαρμογή Νοσηλευτικής Φροντίδας	Εκτίμηση
<p>Ο ασθενής ήταν φοβισμένος καθώς αγνοούσε την έκβαση της νόσου και την απαιτούμενη εξωνοσοκομειακή παρακολούθηση.</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Να ενημερωθεί ο ασθενής σχετικά με τη κατάσταση του. · Να γίνει ενημέρωση του ασθενούς σχετικά με την απαιτούμενη εξωνοσοκομειακή παρακολούθηση. · Εξασφάλιση ήρεμου και αναπνευστικού περιβάλλοντος. 	<ul style="list-style-type: none"> · Να δοθούν πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με τη νόσο και τη κατάσταση που βρίσκεται ο ασθενής αυτή τη στιγμή. · Να δοθούν πρόσθετες οδηγίες σχετικά με το τι θα πρέπει να προσέχει ο ασθενής μετά την έξοδο του από το νοσοκομείο για αποφυγή περαιτέρω επιπλοκών. · Να γίνει ενημέρωση του ασθενούς σχετικά 	<ul style="list-style-type: none"> · Δόθηκαν στον ασθενή οι απαραίτητες εξηγήσεις με απλή ορολογία σχετικά με την έκβαση της νόσου. · Δόθηκαν απαντήσεις σε όλες τις απορίες του ασθενούς. · Δόθηκαν οι απαραίτητες οδηγίες από το θεράποντα ιατρό. · Έγινε ενημέρωση του ασθενούς σχετικά με τη διατροφή του και τη καθημερινότητα που θα πρέπει να έχει 	<ul style="list-style-type: none"> · Ο ασθενής μετά τη συζήτηση με τους νοσηλευτές και το ιατρικό προσωπικό ένιωσε πιο ήρεμος.

		με την φαρμακευτική του αγωγή.	από εδώ και πέρα. · Εξηγήθηκαν στον ασθενή όλα τα απαραίτητα σχετικά με τη φαρμακευτική του αγωγή.	
--	--	--------------------------------	---	--

Βιβλιογραφία

- Karel Capek website. Who did actually invent the word "robot" and what does it mean? 2004. <http://capek.misto.cz/english/robot.html>.
- International Standards for Business, Government and Society. ISO 8373:1994. 2016. http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=15532
- www.ifr.org
- www.euron.net
- web.archive.org. bot. Telecom Glossary 2K, 2016. <http://web.archive.org/web/20070202121608/http://www.atis.org/tg2k/bot.html>.
- Ιλιάδα β.18 στ. 417-420
- Wikipedia. Robot-History. 2016. <http://en.wikipedia.org/wiki/Robot>
- Mckay-Davies I., Bann S., Darzi A. Robotics in surgery. studentBMJ. 2002, 10:215258 July ISSN 0966-6494
- CyberKnife Society . About the Society 2016. <http://www.cksociety.org/>.
- Intuitive Surgical. Company Profile. 2016 <http://www.intuitivesurgical.com/corporate/companyprofile/index.aspx>
- The Zeus System. ZEUS® Surgical System. <http://library.thinkquest.org/03oct/00760/Zeus%20System.htm>
- ΤΗΛΕΪΑΤΡΙΚΗ, Σισμανόγλειο Γενικό Νοσοκομείο <http://www.sismanoglio.gr/special9.sismanoglio.gr>
- Ερευνητικά Έργα, Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, Ιατρική Σχολή Ε.Κ.Π.Α., 1998 http://asclepieion.mpl.uoa.gr/pubASPIS/YT_Ερευνητικά_Έργα.htm
- Graschew G., Balanos E., Roelofs T., Rakowsky S., Schlag P. and Bagnoli F., Medical Assistance at Sea, VDE Kongress, Berlin, 2004
- Σωτηρίου Δ., Υπηρεσίες Τηλεϊατρικής, Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, Ιατρική Σχολή Ε.Κ.Π.Α. <http://mpl.med.uoa.gr/Downloads/PDF/tileiatrik.pdf>
- Μπουλούτζα Π., Σε πέντε χρόνια κατέρρευσε η τηλεϊατρική. Φυτοζωεί, εξαιτίας της έλλειψης προσωπικού, η μονάδα μονάδα του ΕΣΥ, στο Σισμανόγλειο, εφημερίδα 'Καθημερινή', 29/04/07 http://news.kathimerini.gr/4dcgi/w_articles_ell_1_29/04/2007_225048
- Έργο ΑΣΠΑΣΙΑ. Ασκληπιείο Πάρκο Αθηνών: Σύνθεση Ιδεωδών & Ανάπτυξης, Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, Ιατρική Σχολή Ε.Κ.Π.Α., 1999-2000 <http://asclepieion.mpl.uoa.gr/aspasia/default.htm>
- Luncă S., Bouras G. and Stănescu A., Gastrointestinal Robot-Assisted Surgery. A Current Perspective, Romanian Journal of Gastroenterology, 14(4):385-391, December 2005

- Ξιάρχος Α., Χειρουργικές Επεμβάσεις: Γαστροοισοφαγική παλινδρόμηση, Διαφραγματοκήλη, Αχαλασία του οισοφάγου, 2007
- Baik. S., Robotic Colorectal Surgery, Yonsei Medical Journal, 49(6):891-896, December 2008
- Mottrie A., Carpentier P., Schatteman P., Fonteyne E., Suttman H., Stöckle M. and Siemer S., Robot-assisted laparoscopic radical cystectomy: initial experience on 27 consecutive patients, Journal of Robotic Surgery, 1(3):197-201, December 200
- Kumar R., Hemal A. and Menon M., Robotic renal and adrenal surgery: present and future, BJUI, 96(3):244-249, August 2005
- Warren J., Da Silva V., Caumartin Y. and Luke P., Robotic Renal Surgery: The future or a passing curiosity?, Canadian Urological Association Journal, 3(3):231-240, June 2009
- Kim Y. T., Kim S. W. and Kim Y. W., Robotic Surgery in Gynecologic Field, Yonsei Medical Journal, 49(6):886-890, December 2008
- Piquion J., Nayar A., Ghazaryan A., Papanna R., Klimek W. and Laroia R., Robot-assisted gynecological surgery in a community setting, Journal of Robotic Surgery, 3(2):61-64, June 2009
- Lanfranco A., Castellanos A., Desai J. and Meyers W., Robotic Surgery: A Current Perspective, Annals of Surgery, 239(1):14-21, January 2004
- Robotic Surgery <http://library.thinkquest.org/03oct/00760>
- Κωνσταντινίδης Κ., Πλεονεκτήματα της ρομποτικής χειρουργικής, Ελληνική Επιστημονική Εταιρεία Ρομποτικής Χειρουργικής, 2008
- Morris B., Robotic Surgery: Applications, Limitations, and Impact on Surgical Education, Medscape General Medicine, 7(3):72, September 2005
- ΤΗΛΕΪΑΤΡΙΚΗ, Εργαστήριο Τηλεϊατρικής και Ιατρικής Πληροφορικής, ΤΕΙ Κρήτης, 2001
- Petropoulou S., Mantas J. and Bekakos M., Current Medical Digital Applications-Telesurgery, HERCMA Proceedings, 2005
- Székely G. and Satava R., Virtual reality in medicine, British Medical Journal, 319(7220):1305, November 1999
- Γεωργίου Ε. και Γκατζώνης Μ., Η Εικονική Πραγματικότητα στην Ιατρική, Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, Ιατρική Σχολή, ΕΚΠΑ, Νοέμβριος 2008
- Riva G., VIRTUAL REALITY, Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering, 2006
- Van der Meijden O. and Schijven M., The value of haptic feedback in conventional and robotassisted minimal invasive surgery and virtual reality training: a current review, Surgical Endoscopy, 23(6):1180-1190, June 2009
- [Greenleaf W., Medical Applications of Virtual Reality, February 2004