



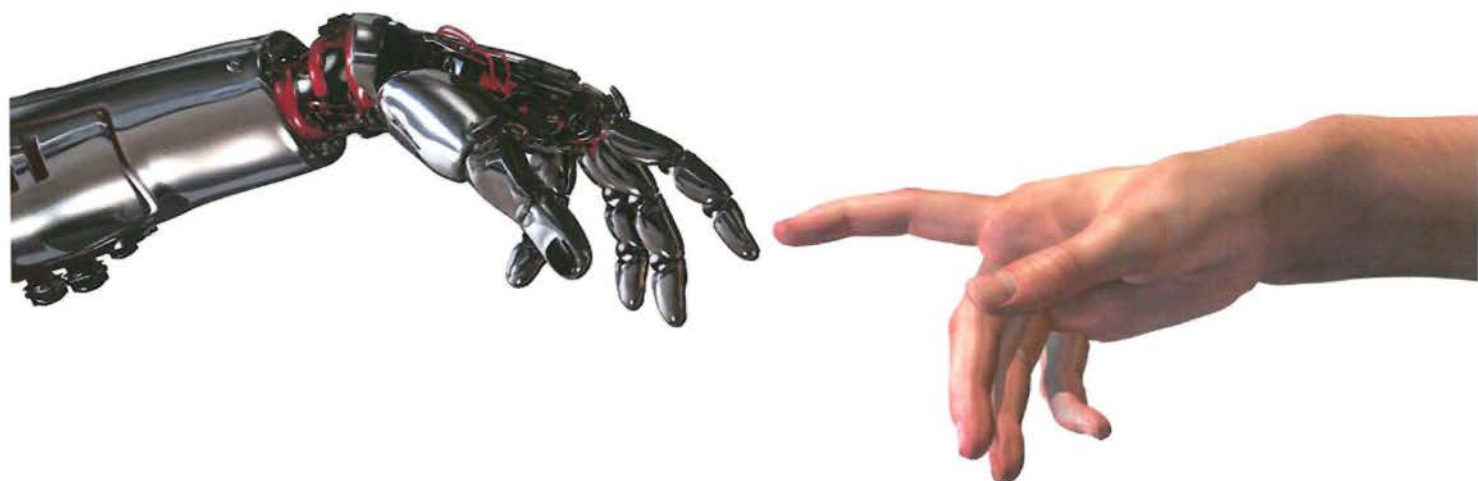
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΣΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΙΑΤΡΙΚΗ



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΙΧΑΛΗΣ ΠΑΠΟΥΤΣΙΔΑΚΗΣ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΗΡ. ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ

ΦΟΙΤΗΤΕΣ: ΚΥΡΙΜΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ Α.Μ: 37871

ΜΥΤΙΑΛΗΝΙΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ Α.Μ: 38463

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	4
1.1 Τι είναι το ρομπότ.....	4
1.2 Οργάνωση και λειτουργία ενός ρομπότ.....	5
1.2.1 Το μηχανικό μέρος του ρομπότ.....	5
1.2.2 Ο ελεγκτής του ρομπότ.....	6
1.2.3 Βαθμοί ελευθερίας του ρομπότ.....	6
1.3 Ιστορική αναδρομή.....	8
1.3.1 Τάλως - Το πρώτο ρομπότ της αρχαιότητας.....	8
1.3.2 Μεταγενέστερες ρομποτικές εφευρέσεις της αρχαιότητας.....	11
1.4 Εφαρμογές της ρομποτικής.....	12
1.4.1 Ρομποτική και Διάστημα.....	12
1.4.2 Ρομποτική στην έρευνα.....	15
1.4.3 Ρομπότ και οπλικά συστήματα.....	17
1.4.4 Ρομποτική στη βιομηχανία.....	20
1.4.5 Ρομποτική στην ιατρική.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	26
2.1 Μεταβατική πορεία της χειρουργικής.....	26
2.1.1 Ελάχιστα επεμβατική χειρουργική.....	26
2.1.2 Υποβοηθούμενη από υπολογιστή χειρουργική.....	27
2.1.3 Ρομποτική χειρουργική.....	28
2.2 Βασικά χαρακτηριστικά των ιατρικών ρομπότ.....	29
2.3 Κατηγοριοποίηση Χειρουργικών Ρομποτικών Συστημάτων.....	30
2.3.1 Παθητικά.....	30
2.3.2 Ημιενεργά.....	33
2.3.3 Ενεργά.....	35
2.3.4 Συστήματα απεικόνισης και πλοήγησης στο χώρο.....	40
2.4 Συστήματα με τηλεχειρισμό-Απομακρυσμένοι χρήστες.....	42
2.4.1 Τηλεχειρισμός-Τηλεχειρουργική.....	42
2.4.2 Zeus.....	46
2.4.3 DaVinci.....	48
2.4.3.1 Ρομποτική κονσόλα.....	49
2.4.3.2 Τροχήλατο.....	49

2.4.3.3 EndoWrist	50
2.4.3.4 Ενδοσκοπικός πύργος.....	51
2.4.3.5 Σύστημα όρασης InSite	52
2.4.3.6 Οι εκδόσεις DaVinci SHD και DaVinci SiHD	54
2.4.4 Κλινικές εφαρμογές του συστήματος daVinci.....	57
2.4.4.1 Ριζική Προστατεκτομή	57
2.4.4.2 Υστερεκτομή	60
2.4.4.3 Κυστεκτομή.....	61
2.4.4.4 Ινομυωμεκτομή	67
2.4.4.5 Χολοκυστεκτομή.....	68
2.4.4.6 Μερική Νεφρεκτομή	69
2.4.4.7 Αφαίρεση θύμου αδένος με το DaVinci.....	71
2.4.4.8 Πυελοπλαστική.....	71
2.4.4.9 Επινεφριδεκτομή	75
2.4.4.10 Αντιμετώπιση Βουβωνοκήλης	78
2.4.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του συστήματος daVinci.....	81
2.5 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα Ρομποτικής Χειρουργικής	82
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	85
3.1 Μελλοντικές επεκτάσεις και εφαρμογές	85

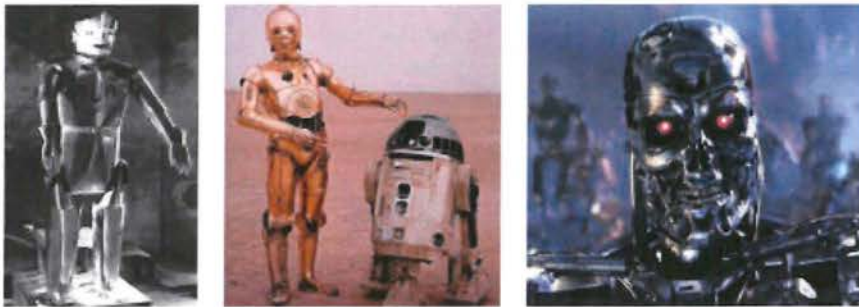
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ

1.1 Τι είναι το ρομπότ

Η λέξη *ρομπότ* (*robot*), γέννημα του 20ου αιώνα, χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1921 στο θεατρικό έργο *Rossum's Universal Robots* (*R.U.R.*) του Τσέχου θεατρικού συγγραφέα Karel Capek, ο οποίος την παρήγαγε από την τσεχική λέξη *robot* που σημαίνει “καταναγκαστική εργασία”, κοινώς “αγγαρεία”. Για περίπου 75 χρόνια τα ρομπότ αποτελούσαν μέρος της επιστημονικής φαντασίας. Οι περιγραφές τους εκτεινόταν από εκείνες μίας “χαζής” μηχανής, ικανής να εκτελέσει απλές, μονότονες εργασίες, μέχρι τα ανθρωπόμορφα ρομπότ που περιγράφονται στα κλασικά βιβλία επιστημονικής φαντασίας του Isaac Asimov μεταξύ 1938 και 1942 και τα γνωστά σε όλους R2D2 και C3PO από την κινηματογραφική επιτυχία *Star Wars* στα τέλη της δεκαετίας του '70. Στον Asimov άλλωστε αποδίδεται και ένα σημαντικό μέρος της δημοτικότητας που απέκτησαν τα ρομπότ, εξαιτίας κυρίως των τριών περιφημών ηθικών νόμων που διατύπωσε αυτός στις αρχές της δεκαετίας του '50 και οι οποίοι καθόριζαν τη συμπεριφορά τους:

1. Ένα ρομπότ δεν επιτρέπεται να κάνει κακό σε ανθρώπινη ύπαρξη ή να αφήσει να πάθει κάτι με την αδράνειά του
2. Ένα ρομπότ πρέπει να υπακούει στις οδηγίες των ανθρώπων, εκτός και αν αυτές έρχονται σε αντίθεση με τον πρώτο νόμο
3. Ένα ρομπότ πρέπει να προστατεύει την ύπαρξή του, όσο αυτό δεν έρχεται σε αντίθεση με τον πρώτο ή δεύτερο νόμο



Εικ. 1.1 Τα ρομπότ ως μέρος της επιστημονικής φαντασίας

Έκτοτε, τα ρομπότ άρχισαν να ξεφεύγουν από τη σφαίρα της ανθρώπινης φαντασίας και να γίνονται σταδιακά μέρος της πραγματικότητας. Με τη μορφή προγραμματιζόμενων μηχανισμών τα ρομπότ χρησιμοποιούνται σήμερα σε πληθώρα επιστημονικών και βιομηχανικών εφαρμογών ως υποκατάστατα του ανθρώπου στην

εκτέλεση λεπτών χειρωνακτικών χειρισμών σε επικίνδυνα αντικείμενα ή σε αφιλόξενους για αυτόν χώρους. Από τις ακριβείς, επαναλαμβανόμενες εργασίες στη βιομηχανία (συναρμολόγηση αυτοκινήτων, κατασκευή μικροεπεξεργαστών κ.λ.π.) και την εξερεύνηση του βυθού και του διαστήματος μέχρι την επεξεργασία των επικίνδυνων αποβλήτων στους πυρηνικούς

αντιδραστήρες και την εκτέλεση λεπτών χειρουργικών επεμβάσεων στα νοσοκομεία, τα σύγχρονα ρομποτικά συστήματα έχουν καταφέρει να κερδίσουν υψηλή αναγνωρισιμότητα χάρη στη λειτουργικότητα για την οποία έχουν σχεδιαστεί. (Αnon., n.d.)

Σύμφωνα με έναν αρχικό ορισμό που είχε δώσει το Ινστιτούτο Ρομποτικής του Πανεπιστημίου Carnegie Mellon στις Η.Π.Α.:

“Ρομπότ είναι ένας επαναπρογραμματιζόμενος χειριστής πολλαπλών λειτουργιών ειδικά σχεδιασμένος για να κινεί υλικά, εργαλεία ή εξειδικευμένες συσκευές μέσω προγραμματισμένων κινήσεων για την επίτευξη διάφορων εργασιών”

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

1.2 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.

1.2.1 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 *οιπρισματικές*. Οι στροφικές αρθρώσεις επιτρέπουν σχετική στροφή μεταξύ δύο συνδέσμων, ενώ οιπρισματικές 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.

1.2.2 Ο ελεγκτής του ρομπότ

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

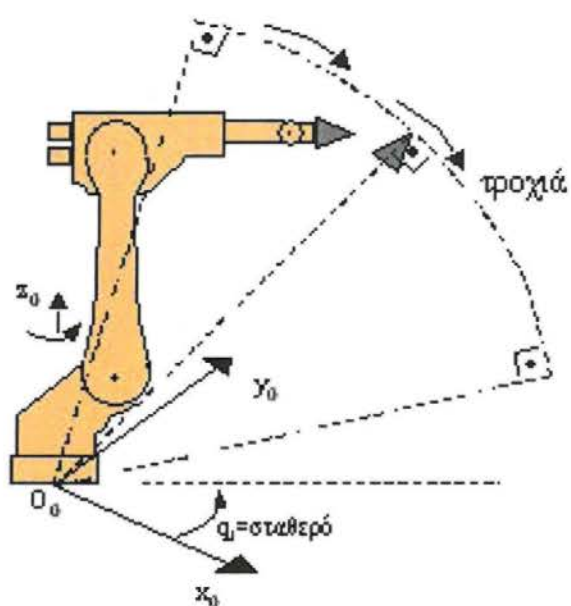
- **Ηλεκτρονικά (Hardware):** Στη συνηθέστερη περίπτωση περιλαμβάνουν έναν υπολογιστή, στον οποίο αποθηκεύεται το πρόγραμμα που θα εκτελεστεί, τα ηλεκτρονικά επικοινωνίας μεταξύ του ελεγκτή, του μηχανικού μέρους και του εξωτερικού περιβάλλοντος του ρομποτικού συστήματος (interface), και τους ενισχυτές 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.

1.2.3 Βαθμοί ελευθερίας του ρομπότ

Σύμφωνα με τον ορισμό, βαθμός ελευθερίας (Degree Of Freedom-DOF) ονομάζεται ο αριθμός των ανεξάρτητων παραμέτρων που προσδιορίζουν τη θέση ενός σώματος στο χώρο. 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 στον 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 να

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.¹



Εικ. 1.2 Βαθμοί ελευθερίας ενός ρομπότ

¹Hockstein N, καισυν., καισυν. A history of robots: from science fiction to surgical. [Ηλεκτρονικό] July 2007. <http://www.springerlink.com/content/v1jm28161618p874>.

1.3 Ιστορική αναδρομή

1.3.1 Τάλως - Το πρώτο ρομπότ της αρχαιότητας



Εικ. 1.3 Τάλως, το πρώτο ρομπότ στην ιστορία

Ο Τάλως ήταν μυθικός χάλκινος γίγαντας, το πρώτο ρομπότ στην ιστορία, που προστάτευε την μινωική Κρήτη από κάθε επίδοξο εισβολέα. Ο Τάλως είναι από τις πιο αγαπητές μυθικές προσωπικότητες του αρχαίου κόσμου και ένας από τους πιο σημαντικούς ελληνικούς μύθους.

Ο Τάλως δεν γεννήθηκε αλλά φτιάχτηκε είτε από τον ίδιο το Δία ή σύμφωνα με άλλες παραλλαγές του μύθου με την εντολή του Δία από τον πολυτεχνίτη Δαίδαλο ή τον Ήφαιστο, θεό της φωτιάς και του σιδήρου. Ο Τάλως, ένας χρυσός σκύλος που δεν του ξέφευγε κανένα θήραμα και μία φαρέτρα με βέλη που δεν έχαναν ποτέ τον στόχο τους. ήταν τα τρία δώρα του Μέγιστου των θεών, Δία, προς την αγαπημένη του Ευρώπη που του χάρισε τρεις γιούς, το Μίνωα, μυθικό βασιλιά της Κνωσού, τον Ραδάμανθυ και τον Σαρπηδόνα.



Εικ. 1.4 Νομισματική απεικόνιση του Τάλω

Σε νόμισμα που βρέθηκε στο μινωικό ανάκτορο της Φαιστού, ο Τάλως απεικονίζεται νέος, γυμνός και με φτερά στους ώμους. Πιθανώς τα φτερά εξηγούν τη μεγάλη του ταχύτητα αφού μπορούσε τρεις φορές τη μέρα να γυρίσει ολόκληρη την Κρήτη. Εξωτερικά ο Τάλως έμοιαζε με θεόρατο άντρα που το σώμα του ήταν φτιαγμένο από χαλκό. Είχε μία και μόνη φλέβα που του έδινε ζωή. Αυτή ξεκινούσε από τον αυχένα και κατέληγε στους αστραγάλους ενώ αντί για αίμα έτρεχε μέσα της λιωμένο μέταλλο. Στους αστραγάλους του υπήρχε σφηνωμένο ένα χάλκινο καρφί που δεν άφηνε να χυθεί το υγρό που τον κρατούσε στη ζωή.

Δουλειά του Τάλω ήταν να προστατεύει την Κρήτη από κάθε εισβολέα κάνοντας τον γύρο του νησιού τρεις φορές τη μέρα. Βλέπετε στη μινωική Κρήτη δεν έχουν βρεθεί ίχνη τειχών για την προστασία των πόλεων γι' αυτό και ο Έβανς, ο ανασκαφέας της Κνωσού, μιλούσε για την περίφημη "μινωική ειρήνη" (ραχμίνοϊσα). Φαίνεται ο Μίνωας ένιωθε ασφαλής έχοντας έναν πανίσχυρο φρουρό. Ο Τάλως δεν άφηνε κανένα εχθρικό πλοίο να πλησιάσει αφού από την ακτή εκτόξευε τεράστιους βράχους βυθίζοντας τα ξύλινα καράβια όσων πλησίαζαν απειλητικά την Κρήτη. Αν κάποιος παρ' όλα αυτά ξέφευγε και κατάφερνε να πατήσει στην στεριά τον περίμενε μία δυσάρεστη έκπληξη. Ο Τάλως έμπαινε στη φωτιά και το χάλκινο κορμί του πυρακτωνόταν. Μετά σφιχταγκάλιαζε τους εχθρούς, που φυσικά γίνονταν παρανάλωμα. Υπάρχει μία παράδοση ότι, όταν οι Σαρδηνοί προσπάθησαν να εισβάλουν στο νησί είχαν αυτό το "καυτό" τέλος, γι' αυτό τα νεκρά τους κορμιά βρέθηκαν με στόματα ανοιχτά από τον πόνο και τη φρίκη. Όπως λέει ο μύθος, ο Τάλως αφού σύντριβε ή έκαψε τους εχθρούς της Κρήτης, ξεσπούσε σε γέλια. Ίσως από αυτό κατάγεται η έκφραση "σαρδόνιο γέλιο", δηλαδή το σαρκαστικό γέλιο του νικητή μίας αναμέτρησης, που κομπάζει και ειρωνεύεται τους ηττημένους.

Ο Τάλως δεν είχε όμως μοναδικό χρέος να προστατεύει την Κρήτη από εχθρούς αλλά και από κάθε είδους αδικία. Γύριζε τρεις φορές το χρόνο όλα τα χωριά του νησιού κουβαλώντας στην πλάτη του χάλκινες πλάκες με χαραγμένους τους θεϊκούς-δίκαιους νόμους. Σκοπός ήταν να φροντίζει να τηρούνται αυτοί οι νόμοι στην επαρχία. Οι χάλκινες πλάκες που κουβαλούσε ίσως ήταν μεταγενέστερη προσπάθεια να εξηγηθεί με τη λογική γιατί αναφέρεται σαν χάλκινος. Στις πόλεις υπεύθυνος για την τήρηση των νόμων ήταν ο Ραδάμανθυς, που μαζί με τον αδερφό του, Μίνωα, μετά το θάνατό τους έγιναν κριτές των ψυχών στον Άδη, σύμβολα απόλυτης δικαιοσύνης.



Εικ 1.5 Ο θάνατος του Τάλω

Ο Τάλως κατάφερε για πολλά χρόνια να κατατροπώνει τους εχθρούς της Κρήτης μέχρι που ήρθε και η ώρα του. Φυσικά ένα χάλκινο "ρομπότ" δεν θα μπορούσε να πεθάνει από βέλη ή όπλα αφού ήταν άτρωτο, πόσο μάλλον από γηρατειά. Ο Τάλως πέθανε από δόλο. Η Αργώ, το μυθικό πλοίο, με πλήρωμα τον Ιάσονα, τη Μήδεια και τους Αργοναύτες είχε ένα περιπετειώδες ταξίδι πέρα από τον Ελλήσποντο. Φτάνοντας στις νότιες ακτές της Κρήτης οι Αργοναύτες θέλησαν να προσαράξουν ώστε να ξεκουραστούν και να εφοδιαστούν προμήθειες. Οι αργοναύτες είχαν ήδη περάσει από την Κολχίδα όπου ο Ιάσοντας με τη βοήθεια της μάγισσας Μήδειας, κόρης του βασιλιά της Κολχίδας Αιήτη, αφού οι δυο νέοι είχαν εν τω μεταξύ ερωτευτεί, κατάφερε να πάρει το χρυσόμαλλο δέρασ. Εκτός από το δέρασ πήρε φεύγοντας και την αγαπημένη του Μήδεια. Η μυθολογία λέει ότι η Μήδεια ήταν ανιψιά της Πασιφάης, γυναίκας του Μίνωα, δηλαδή της βασίλισσα της μινωικής Κρήτης, οπότε μάλλον γι' αυτό διάλεξαν την Κρήτη για να κάνουν μία στάση στο θρυλικό ταξίδι τους. Πλησιάζοντας όμως την ακτή βρέθηκαν αντιμέτωποι με τον χάλκινο γίγαντα, να τους πετάει βράχους. Το πλοίο κινδύνευσε να βυθιστεί όταν ανέλαβε η Μήδεια. Πήγε στην κουπαστή και άρχισε να μιλάει με τον Τάλω. Κάνοντας ξόρκια και τάζοντας του αθανασία τον ξεγέλασε τον απονήρευτο Τάλω έτσι μόνος του έβγαλε το χάλκινο καρφί από τους αστραγάλους του με αποτέλεσμα να χυθεί όλο το "αίμα" του στη γη και ο ίδιος να σωριαστεί κάτω χωρίς ζωή πια. Υπάρχει και μία δεύτερη πολύ κοντινή εκδοχή, ότι η Μήδεια τον κοίταξε βαθιά στα μάτια και λέγοντας ξόρκια τον τρέλανε και καθώς έτρεχε με μανία πάνω κάτω χτύπησε το ευάλωτο σημείο του, το χάλκινο καρφί έσπασε και έτσι πέθανε.

Ο χάλκινος ήρωας, Τάλως, συμβολίζει την τεχνολογική εξέλιξη στον τομέα της μεταλλουργίας στα προϊστορικά-μινωικά χρόνια. Είχαν φτάσει σε τόσο υψηλό επίπεδο, ώστε έφτιαξαν με τη φαντασία τους έναν χάλκινο υπερήρωα να τους προστατεύει. Μια άλλη πολύ σημαντική ιδιότητα του Τάλω ήταν αυτή σαν λειτουργός δικαιοσύνης. Αυτό υποδηλώνει τη σπουδαιότητα που απέδιδαν στην αρχαία Κρήτη στο θεσμό της δικαιοσύνης. Όχι τυχαία οι νόμοι θεωρούνταν θεϊκοί, αφού ο Μίνωας τους έπαιρνε από τον πατέρα του το Δία, και επομένως η τήρησή τους ήταν απαραίτητη.

Παρ' όλο που ο Τάλως είναι πρόσωπο της κρητικής μυθολογίας είχε έναν συνονόματο Αθηναίο μυθικό ήρωα. Πρόκειται για μεταγενέστερο αττικό μύθο όπου ο αθηναίος γιος της πέρδικας ήταν ανιψιός του πολυτεχνίτη Δαίδαλου. Μεγαλώνοντας ο Τάλως, που μαθήτευε κοντά στο θείο του, γινόταν τόσο έξυπνος και εφευρετικός

που ο Δαίδαλος φοβήθηκε ότι θα μπορούσε να αναδειχθεί ανώτερος από αυτόν στην τέχνη. Λέγεται μάλιστα ότι ο Τάλως ήταν τόσο επιδέξιος που κατάφερε να πριονίσει ένα πολύ λεπτό ξύλο χρησιμοποιώντας το σαγόνι ενός φιδιού. Για να διατηρήσει τη θέση του ως άριστος αρχιτέκτονας και μεγαλύτερος εφευρέτης ο Δαίδαλος έσπρωξε τον Τάλω από την Ακρόπολη. Για το φόνο αυτό εξορίστηκε από την Αθήνα και έτσι κατέληξε στην Κρήτη, όπου συνέδεσε το όνομα του με την οικοδόμηση του ανακτόρου της Κνωσού και την κατασκευή του λαβύρινθου για να περιορίσουν τον μυθικό Μινώταυρο.²

1.3.2 Μεταγενέστερες ρομποτικές εφευρέσεις της αρχαιότητας

- Ο Αρχύτας ο Ταραντίνος (428 - 347 π.Χ.) λέγεται πως κατασκεύασε μια ιπτάμενη μηχανή ("πετομηχανή" ή "περιστερά") που κινούνταν με ατμό και μπορούσε να διανύσει απόσταση μέχρι και 200μ.
- Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων (≈ 150 - 100 π.Χ.) είναι ο αρχαιότερος αυτοματισμός που σώζεται ως σήμερα (Αρχ. Μουσείο Αθηνών). Μπορούσε να προβλέψει τις θέσεις των πλανητών.
- Ο Ήρων ο Αλεξανδρεύς (≈ 10 - 70 μ.Χ.) κατασκεύασε το πρώτο προγραμματιζόμενο ρομπότ: ένα αυτοκινούμενο τρίκυκλο.
- Ο Άραβας Al-Jazari (1136 - 1206 μ.Χ.) κατασκεύασε το πρώτο ανθρωποειδές ρομπότ ένα προγραμματιζόμενο τυμπανιστή.
- Ο Ιταλός LeonardodaVinci (1452 - 1519 μ.Χ.) σχεδίασε (και ίσως κατασκεύασε) ένα ανθρωποειδές ρομπότ με πανοπλία. Το ρομπότ μπορούσε να ανασηκώνεται και να κινεί τα χέρια και το κεφάλι του. Είναι το παλαιότερο σχέδιο ανθρωποειδούς ρομπότ που σώζεται ως σήμερα.
- Το 1898 ο Σέρβος NikolaTesla παρουσίασε το πρώτο τηλεχειριζόμενο πλοίο.
- Το 1930 η εταιρία WestinghouseElectricCorporation (Η.Π.Α.) κατασκευάζει το ανθρωποειδές ρομπότ Elektro που μπορούσε να μιλά, να περπατά, και να καπνίζει.
- Το 1948 κατασκευάζεται το πρώτο αυτόνομο ρομπότ Elsie στο πανεπιστήμιο του Bristol (Αγγλία), που κινούνταν με βάση ερεθίσματα που λάμβανε από αισθητήρες φωτός.³

²Τάλως. [Ηλεκτρονικό] <http://www.explorecrete.com/mythology/GR-talos.html>.

³Ρομπότ της αρχαιότητας. [Ηλεκτρονικό]

<http://www.oikade.gr/Children/technology/robot/-----1/>.

1.4 Εφαρμογές της ρομποτικής

1.4.1 Ρομποτική και Διάστημα

Το διάστημα υπήρξε ένας ανεξερεύνητος κόσμος που ο άνθρωπος εδώ και χρόνια είχε την επιθυμία να τον εξερευνήσει. Η επιθυμία αυτή τον οδήγησε στο να ανάπτυξη τον τομέα της ρομποτικής στο διάστημα.

1. Τί είναι το Robonaut - R2;



Εικ. 1.6 Robonaut -R2

Είναι το πρώτο ανδροειδές ή ανθρωποειδές ρομπότ που θα ταξιδέψει στο διάστημα. Τον Φεβρουάριο του 2011 άρχισε η εκτόξευση του με το Διαστημικού Λεωφορείο Discovery. Για πρώτη φάση θα ταξιδέψει στο διάστημα μισό. Επειδή τα πόδια του R2 είναι ακόμη υπό δοκιμή θα και θα εκτοξευτούν σε άλλη αποστολή. Μελλοντικά θα υπάρξουν και άλλες αναβαθμίσεις με σκοπό να βοηθούν τους αστροναύτες με τις κινήσεις του και εκτός του σκάφους. Ακόμη και χωρίς τις πλήρεις δυνατότητες το R2 θα έχει δουλειά αφού θα πρέπει να "μάθει" να βοηθά σε διάφορες αποστολές. Αρχικά το ημιτελές R2 θα χειρίζεται έναν ειδικό πίνακα με λειτουργίες, χειριστήρια και συνδέσεις όπως και οι υπόλοιποι αστροναύτες. Το R2, που αποτελείται από έναν κορμό, εξειδικευμένα χέρια και δάχτυλα και ένα κεφάλι γεμάτο αισθητήρες, ήταν το αποτέλεσμα μιας κοινής προσπάθειας μεταξύ NASA και General Motors για τη δημιουργία ενός προγραμματιζόμενου μηχανήματος που θα λειτουργεί με ασφάλεια ανάμεσα σε ανθρώπους. Ρομπότ σαν το R2 θα μπορούσαν να πραγματοποιούν επικίνδυνες ή ανιαρές εργασίες στις διαστημικές αποστολές. Αυτό είναι ένα μεγάλο το βήμα για την επιστήμη διότι είναι η πρώτη ευκτήρια για να συγκατοικήσουν άνθρωποι και μηχανές και να εκτελέσουν μαζί σημαντικές και περιπλοκές διαδικασίες.

Η τεχνολογική πρόοδος στην οπτική επεξεργασία και στα τεχνητά άκρα μάς οδηγούν σε μια νέα γενιά ρομπότ. Που μπορούν να εκτελούν σύνθετες διαδικασίες σε υπερβολικά μικρότερο μέγεθος κάτι που δεν γινόταν πριν μια 5ετία.

Το R2 χρησιμοποιεί μία δημοφιλή ρομποτική τεχνολογία, έχοντας μια σειρά από ελαστικούς ενεργοποιητές στις αρθρώσεις του. Οι ενεργοποιητές αποτελούνται από ελαστικά εξαρτήματα, τα οποία βοηθούν το ρομπότ να αντιλαμβάνεται και να

ελέγχει τη δύναμη των κινήσεών του. Η χρήση των ελαστικών ενεργοποιητών αλλάζει ολόκληρη την προσέγγιση του ρομπότ στη βιομηχανική παραγωγή. Επιτρέπει στο ρομπότ όπως αναφέρθηκε παραπάνω να συνεργάζεται με ασφάλεια σε ένα περιβάλλον με ανθρώπους.

Εκτός από τις αρθρώσεις-αισθητήρες το R2 περιβάλλεται από έναν μαλακό υλικό για την περίπτωση τυχαίας σύγκρουσης, και το κεφάλι του είναι γεμάτο κάμερες - ανάμεσά τους και μία υπέρυθη για τον υπολογισμό του βάθους - που του επιτρέπουν να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή πού βρίσκονται οι άνθρωποι τριγύρω του. Εκτός από τα χαρακτηριστικά ασφαλείας που διαθέτει, το R2 έχει βελτιωμένες ικανότητες στο να πιάνει αντικείμενα. Κάθε ένα από τα επιδέξια δάχτυλά του, που μοιάζουν πολύ με ανθρώπινα, μπορεί να σηκώσει έως 2,5 κιλά και το χέρι μπορεί να σηκώσει περίπου δέκα κιλά από διάφορες γωνίες. Οι ελαστικοί ενεργοποιητές τού επιτρέπουν όχι μόνο να υπολογίζει τη θέση των αντικειμένων αλλά και να νιώθει το βάρος τους, ακριβώς όπως ένας άνθρωπος.

Η τεχνολογία του R2 θα εφαρμοστεί στα ρομπότ νέας γενιάς που θα εργαστούν στη γραμμή παραγωγής. Η προσαρμοστικότητα της λαβής τους θα τους επιτρέψει να χειρίζονται διάφορα αντικείμενα με το ίδιο χέρι και έτσι θα μπορούν να πραγματοποιούν με μεγαλύτερη ευκολία πολλαπλές εργασίες. Οι αστροναύτες στον διαστημικό σταθμό θα πρέπει να μάθουν να βοηθούν το R2 δηλαδή σε περίπτωση πέσει να μπορούν να το σηκώσουν. Η NASA μαζί με το R2 θα έστειλε και έξι αστροναύτες με νέα εργαλεία για πιθανές επισκευές που θα χρειαστούν για το R2 και προμήθειες για τον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό.⁴⁵



Εικ. 1.7 Robonaut-R2 επίδειξη ικανοτήτων

⁴Robonaut. [Ηλεκτρονικό] <http://robonaut.jsc.nasa.gov/default.asp> .

⁵Robonaut. [Ηλεκτρονικό] <http://en.wikipedia.org/wiki/Robonaut> .

2. Τι είναι το MarsPathfinder;



Εικ. 1.8 MarsPathfinder

Το MarsPathfinder αποτελεί ένα είδος εξελιγμένου διαστημικού robot που προσγειώθηκε στον Άρη στις 4 Ιουλίου 1997. Pathfinder ήταν δεύτερη στη σειρά Discovery του ρομποτικού διαστημικού σκάφους, τα οποία έστειλαν οι Ηνωμένες Πολιτείες Εθνική Υπηρεσία Αεροναυτικής του Διαστήματος (NASA), άρχισε να αναπτύσσεται στα μέσα της δεκαετίας του 1990. Κοστολόγηση κατά μέσο όρο 150 εκατ. δολαρίων ανά έργο. Τα Viking I και Viking II ήταν διαστημικά σκάφη που το πρώτο δεν προσγειώθηκαν ποτέ εκεί που έπρεπε όσο για το δεύτερο χάθηκε λίγο πριν ξεκινήσει η προσγείωση του (η NASA θέλησε να διαγράψει αυτές τις πολυδάπανες αποτυχίες της από την ιστορία της) το 1976. Το MarsPathfinder ξεκίνησε το ταξίδι του από το Ακρωτήριο Κανάβεραλ, στη Φλόριντα, στις 4 Δεκεμβρίου 1996 για επτά μήνες όπου προσγειώθηκε στο Eberswalde (περιοχή στον Άρη) με Delta-II πυραύλων (είδος). Το Pathfinder είχε δύο κύριους στόχους: Πρώτον, να αποδείξει ότι ορισμένες νέες και οικονομικές τεχνολογίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να εξερευνήσει της επιφάνεια του Άρη, και το δεύτερο, για την εκτέλεση επιστημονική μελέτη του χώρου γύρω από την περιοχή προσγείωσης .

Το Marsrover είναι ένα 6-τροχοφόρο όχημα ενός σχεδιασμού φορεία rocker. Κάθε τροχός ενεργοποιείται ανεξάρτητα και να είναι προσαρμοσμένο να παρέχει ανώτερη ικανότητα αναρρίχησης στη μαλακή άμμο. Οι εμπρός και πίσω τροχοί είναι ανεξάρτητα κατευθυνόμενοι, δίνοντας τη δυνατότητα στο όχημα να γυρίσει στη θέση του. Το όχημα έχει τελική ταχύτητα των 4m/min. Το Marsrover τροφοδοτείται από μια 0.96sqm ηλιακό πάνελ που αποτελείται από 13 σειρές των 18 ετών, 8.5mil κύτταρα GaAs η κάθε μία. Το ηλιακό πάνελ υποστηρίζεται από 16 LiSOCL2 D-cell μεγέθους πρωτογενείς μπαταρίες, παρέχοντας έως και 350W-hr. Αυτό ο συνδυασμό πάνελ και σύστημα μπαταριών του επιτρέπει την δύναμη να τραβήξει μέχρι 500W ενώ

η μέγιστη παραγωγή πάνελ είναι 25W. Η συνήθης απαίτηση για την ισχύ οδήγησης για το rover είναι 25W. Το rover για να επιβιώσει σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος του Άρη (-110degC κατά τη διάρκεια μιας νύχτας του Άρη) ο Ιστός του είναι μονωμένος, επικαλυμμένη με υψηλής και χαμηλής εκπομπής χρώματα, και θερμαίνεται με ένα συνδυασμό των 3, 1WRhus, θέρμανσης με ηλεκτρική αντίσταση υπό τον έλεγχο του υπολογιστή κατά τη διάρκεια της ημέρας και απορριπτόμενη θερμότητα που παράγεται από τα ηλεκτρονικά του συστήματα.

Ο έλεγχος παρέχεται από μια ολοκληρωμένη σειρά ηλεκτρονικών υπολογιστών που είναι ένα 80C85 ονομαστικά 100Kips που χρησιμοποιεί, σε μια 16Kbyte σελίδα εναλλαγή μόδας, 176Kbytes της PROM και 576Kbytes της μνήμης RAM. Ο υπολογιστής εκτελεί I / O σε περίπου 70 καναλιών του αισθητήρα και των υπηρεσιών τέτοιες συσκευές, όπως οι κάμερες, modem, τους κινητήρες και τα ηλεκτρονικά πείραμα. Το όχημα διευθύνεται αυτόνομα να αποφεύγονται τα εμπόδια, αλλά συνεχίζει να επιτευχθεί ο στόχος του (καθορισμένη θέση). Το όχημα παρακολουθείται συνέχεια από την γη με την βοήθεια ενός υπολογιστή που έχει την δυνατότητα να παίρνει αυτόματα πρωτοβουλίες για την σωστή πορεία του οχήματος.⁶⁷

1.4.2 Ρομποτική στην έρευνα

Έρευνα του βυθού με ρομπότ



Εικ. 1.9 BenthicRover

⁶Mars Pathfinder. [Ηλεκτρονικό] http://en.wikipedia.org/wiki/Mars_Pathfinder.

⁷Mars Pathfinder. [Ηλεκτρονικό] <http://mars.jpl.nasa.gov/MPF/rover/sojourner.html>.

Η ζωή στα μεγάλα θαλάσσια βάθη είναι δύσκολο να μελετηθεί, τόσο λόγω της πίεσης, όσο και των πρακτικών δυσκολιών που εμφανίζει η υποθαλάσσια εργασία. Επιστήμονες του Monterey Bay Aquarium Research Institute στις ΗΠΑ κατασκεύασαν ένα ρομπότ που μόνο του θα ερευνά το βυθό και θα παραμένει στα βαθιά για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα. Φέτος το ρομπότ που βαφτίστηκε BenthicRover θα καταδυθεί στα ανοιχτά της Καλιφόρνια και θα κινείται επί έξι μήνες στο βυθό συλλέγοντας στοιχεία. Το BenthicRover θα φωτογραφίσει, μεταξύ άλλων, το θαλάσσιο «χιόνι», που δεν είναι παρά ζωντανά και νεκρά κύτταρα φυκιών, και θα πάρει δείγματα που ίσως μας πουν πώς αυτοί οι μικροοργανισμοί τρέφονται και επιβιώνουν στο βυθό. Μία από τις προκλήσεις της δημιουργίας του ήταν να κατασκευαστεί ένα ρομπότ αρκετά βαρύ, αλλά όχι τόσο ώστε να βουλιάζει στη μαλακή λάσπη. Οι επιστήμονες έλυσαν το πρόβλημα με ειδικά μπλοκ από αφρό, που έχουν μεγάλη ανυψωτική δύναμη αλλά και ανθεκτικότητα στην πίεση. Ο αφρός είναι τόσο αποτελεσματικός που το ρομπότ, ενώ στη στεριά ζυγίζει 1.400 κιλά, στο νερό ζυγίζει μόλις 45. Το BenthicRover θα καταδυθεί στα 4.000 μ. Επομένως, οι επιστήμονες έπρεπε να λάβουν υπόψη τους τη μεγάλη πίεση. Μεταξύ άλλων, αναγκάστηκαν να κατασκευάσουν ειδικές σφαίρες τιτανίου για να προστατευθούν οι μπαταρίες και ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός. Οι επιστήμονες εργάζονται τώρα για να εγκαταστήσουν μια σειρά σταθμών στον πυθμένα των θαλασσών όπου τα ρομπότ μπορούν να φορτίσουν τις μπαταρίες τους και να μεταφέρουν τα δεδομένα που έχουν συλλέξει. Στο μέλλον προβλέπεται ότι το BenthicRover θα μπορεί να φτάνει στον πυθμένα στη θάλασσα της Ανταρκτικής.

Ρομπότ-μέδουσα για θαλάσσιες επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης. Κινείται με υδρογόνο



Εικ. 1.10 Ρομπότ-μέδουσα

Ένα ρομπότ με μορφή μέδουσας δημιούργησαν αμερικανοί ερευνητές, το οποίο θεωρείται κατάλληλο για υποθαλάσσιες έρευνες και επιχειρήσεις διάσωσης. Μάλιστα τροφοδοτείται με υδρογόνο, γεγονός που του προσδίδει μεγάλη ενεργειακή αυτάρκεια. Το ρομπότ, με την ονομασία Robojelly, δημιούργημα του τεχνολογικού πανεπιστημίου της Βιρτζίνια, με επικεφαλής τον Γιόνας Ταντέσε, παρουσιάστηκε στο περιοδικό για "έξυπνα" υλικά "SmartMaterialsandStructures", σύμφωνα με το BBC. Το ρομπότ είναι κατασκευασμένο από διάφορα "έξυπνα" υλικά, που του επιτρέπουν να αλλάζει σχήμα στην πορεία, καθώς και από νανοσωλήνες άνθρακα. Μιμείται όχι μόνο την εξωτερική εμφάνιση, αλλά και τις φυσικές κινήσεις μιας μέδουσας, όταν βρίσκεται μέσα στο νερό. Η ενέργειά του προέρχεται από χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα πάνω στην επιφάνειά του, όταν έρχεται σε επαφή με το νερό, αξιοποιώντας το υδρογόνο που περιέχεται στο θαλασσίνο νερό. Συγκεκριμένα, η πλατίνα στην επιφάνειά του ρομπότ αντιδρά με το οξυγόνο και το υδρογόνο του νερού και η θερμότητα που παράγεται, μεταφέρεται στους τεχνητούς μυς της "μέδουσα" ώστε να αλλάζει συνεχώς σχήμα και να κινηθεί. Είναι το πρώτο υποθαλάσσιο ρομπότ που έχει καταφέρει κάτι τέτοιο, που σημαίνει ότι δεν χρειάζεται μπαταρίες ή άλλη πηγή ενέργειας πέρα από το νερό που το περιβάλλει. Προς το παρόν, το ρομπότ έχει δοκιμαστεί μόνο σε δεξαμενή νερού και χρειάζεται περαιτέρω βελτιώσεις. Οι πρακτικές εφαρμογές της τεχνητής μέδουσας είναι ποικίλες και είναι ενδεικτικό ότι η σχετική έρευνα χρηματοδοτείται και από το Γραφείο Ερευνών του Πολεμικού Ναυτικού των ΗΠΑ.⁸

1.4.3 Ρομπότ και οπλικά συστήματα



Εικ. 1.11 Οπλικό ρομποτικό σύστημα

⁸ Ρομπότ στην έρευνα. [Ηλεκτρονικό] <https://sites.google.com/site/2lykpolrobot/omada-a/rompot-sten-ereuna>.

Μπορεί να κινηθεί όπως ένα κανονικό άτομο και να εκτελέσει ποικιλία κινήσεων για να δοκιμαστούν τα ρούχα και η αντοχή τους. Μπορεί ακόμη και να προσομοιώσει την ανθρώπινη φυσιολογία ακόμη και τη θερμοκρασία του σώματος και τον ιδρώτα. Έτοιμο να παραδοθεί αυτό το μήνα στον Αμερικανικό Στρατό, το PETMAN σχεδιάστηκε μετά από 13 μήνες και ετοιμάστηκε σε 17 μήνες. Παρόμοιο με το ρομπότ SARCOS, το PETMAN δεν χρειάζεται να είναι δεμένο πουθενά. Αν και δεν έχει ξεκινήσει για τα πεδία μαχών, αυτές οι Terminator-like μάχες του μέλλοντος μάλλον δεν απέχουν και πολύ μακριά.

Η παρούσα χρήση των ρομπότ στον πόλεμο

Στο έδαφος, τα ρομπότ έχουν επεκταθεί ως οχήματα αποκομιδής απορριμμάτων ορυχείων και για διάθεση βομβών. Επίσης κάτω από την έρευνα είναι MIDARS, ένα τροχοφόρο ρομπότ εξοπλισμένο με μια φωτογραφική μηχανή και ενδεχομένως ένα πυροβόλο, αυτός ακολουθεί αυτόματα μια προγραμματισμένη διαδρομή, γύρω από μια βάση ή μια εγκατάσταση παραδείγματος χάριν. Προειδοποιεί ένα ανθρώπινο overseer όταν ανιχνεύει τη μετακίνηση, ή άλλος προγραμματισμένος όρος. Ο χειριστής μπορεί έπειτα να καθοδηγήσει το ρομπότ για να αγνοήσει το γεγονός, ή αναλάβετε τον τηλεχειρισμό για να ξεζετάσετε έναν εισβολέα, ή για να πάρει τις καλύτερες απόψεις φωτογραφικών μηχανών μιας έκτακτης ανάγκης. Το ρομπότ επίσης τακτικά θα ανίχνευε τους γραμμωτούς κώδικες του αποθηκευμένου καταλόγου καθώς πέρασε και εκθέτει οποιαδήποτε ελλείποντα στοιχεία. Δεκέμβριος 2003, Σχετικός Τύπος εξέθεσε αυτού Το Πεντάγωνο υπάρχουν αγορασμένοι αρκετοί Segways, ως τμήμα ενός ερευνητικού προγράμματος αποκαλούμενου "κινητό αυτόνομο λογισμικό ρομπότ", μια προσπάθεια να αναπτυχθεί περισσότερο προώθησε τα στρατιωτικά ρομπότ.



Εικ. 1.12 Στρατιωτικά ρομπότ

Εξελίξεις

Αμυντικοί ανάδοχοι στις ΗΠΑ είναι σκληρός στην εργασία που αναπτύσσει τους αυτόνομους "στρατιώτες ρομπότ", αλλά τα περισσότερα τρέχοντα πρότυπα φαίνονται περισσότεροι όπως δεξαμενές από άνθρωποι. Υπάρχουν προβλήματα με την αναγνώριση και την απάντηση απειλής μερικά πρότυπα δεν θα πυροβολήσουν τις αγελάδες με τους αντάρτες που σκύβονται πίσω από τους, αλλά θα βάλει φωτιά σε τίποτα με Ακ- 47 σκιαγραφία. Μια ανησυχία σχετικά με αυτά τα συστήματα είναι μια πιθανή χρήση γιατί τα αυτόνομα στρατιωτικά ρομπότ είναι "για τα πράγματα που οι καλοί στρατιώτες ακριβώς δεν θα κάνουν" - όπως η άδεια του εξαιρετικά υψηλού παράλληλου φόρου θανάτου των πολιτών προκειμένου να σκοτωθούν μερικοί μη αναγνωρισμένοι ή δύσκολοι στόχοι, ή κατεδάφιση των κτηρίων κατελημμένη κοντά μη μάχιμοι.

Μελλοντικές προοπτικές

Μερικοί επιστήμονες θεωρούν ότι τα ρομπότ θα είναι σε θέση να προσεγγίσουν την ανθρώπινη-όπως νοημοσύνη στο πρώτο μισό του 21ου αιώνα. Ακόμη και πριν από τέτοια θεωρητική νοημοσύνη τα επίπεδα λαμβάνονται, σκέπτεται ότι τα ρομπότ μπορούν να αρχίσουν να αντικαθιστούν τους ανθρώπους σε πολλούς εργασια-εντατικούς τομείς σταδιοδρομίας. κυβερνητική πρωτοπόρος Θ*Νορπερτ Wiener συζήτησε μερικών από αυτά τα ζητήματα στο βιβλίο του Η ανθρώπινη χρήση των ανθρώπινων οντων (1950), στο οποίο σκέφτηκε ότι τα ρομπότ που αναλαμβάνουν ανθρώπινες δουλειές μπορούν αρχικά να οδηγήσουν στην ανάπτυξη της ανεργίας και της κοινωνικής αναταραχής, αλλά αυτός στο μεσοπρόθεσμο αυτό να φέρει τον αυξανόμενο υλικό πλούτο στους ανθρώπους στα περισσότερα έθνη.

Κάποιος να σκεφτεί αυτά τα ρομπότ συλλογικά ως νέο "προλεταριάτο ρομπότ," ή εργατική τάξη, όποιος θα επιτρέψει στους ανθρώπους για να ασχοληθεί κυρίως με την απόφαση των μέσων της παραγωγής (όπως ο αγροτικοί εξοπλισμός και τα εργοστάσια) και την απόλαυση των καρπών της εργασίας των ρομπότ. Μια τέτοια μετατόπιση στην παραγωγή, διανομή, και η κατανάλωση αγαθών και υπηρεσιών θα αντιπροσώπευε μια ριζική αναχώρηση από τα τρέχοντα κοινωνικοοικονομικά συστήματα, και προκειμένου να αποφευχθεί η ένδεια που προκαλείται κανονικά από την ανεργία και για να επιτραπεί για να συμμετέχει στους καρπούς της ρομποτικής εργασίας, το ανθρώπινο προλεταριάτο θα πρέπει να νικήσει την κατηγορία απόφασης, στην πλήρη συμφωνία με τις προβλέψεις Marx.

Η ρομποτική θα συνεχίσει πιθανώς τη διάδοσή της στα γραφεία και τα σπίτια, αντικατάσταση των "άλαλων" συσκευών με τα έξυπνα ρομποτικά αντίτιμα. Εσωτερικά ρομπότ ικανά πολλούς οικιακούς στόχους, περιγραμμένες στην επιστημονική φαντασία οι ιστορίες και από το κοινό στη δεκαετία του '60, είναι πιθανό να τελειοποιηθεί τελικά.

Είναι πιθανό να υπάρξει κάποιος βαθμός σύγκλισης μεταξύ των ανθρώπων και των ρομπότ. Μερικοί άνθρωποι είναι ήδη cyborgs με μερικά μέρη σωμάτων και

ακόμη και τα μέρη του νευρικού συστήματος που αντικαθίσταται από τα τεχνητά ανάλογα, όπως Βηματοδότες. Σε πολλές περιπτώσεις η ίδια τεχνολογία να χρησιμοποιηθεί και στη ρομποτική και στην ιατρική. Αν και όχι αυστηρά ρομποτική, έχει υπάρξει μελέτη σε αυτήν την περιοχή κοντά Καθηγητής Kevin Warwick.

Στρατιωτικό ρομπότ

Τέτοια συστήματα ερευνώνται αυτήν την περίοδο από διάφορους στρατιωτικούς. Ήδη η αξιοπρόσεκτη επιτυχία έχει επιτευχθεί με τηλεκατευθυνόμενα εναέρια οχήματα όπως Αρπακτικός κηφήνας, όποιοι είναι σε θέση τις φωτογραφίες επιτήρησης, και βλήματα ακόμη και ακριβώς προώθησης στους επίγειους στόχους, χωρίς έναν πιλότο. Μια υποκατηγορία είναι τα τηλεκατευθυνόμενα αεροπορικά οχήματα αγώνα, όποιοι έχουν ως σκοπό να πραγματοποιήσουν τις αποστολές απεργίας στον αγώνα. Τα οπλισμένα αυτόνομα ρομπότ απαγορεύονται από την Συνθήκη της Οττάβας.⁹

1.4.4 Ρομποτική στη βιομηχανία

Τη «μαγική λύση» φαίνεται πως βρήκε η «Foxconn», εταιρεία που δραστηριοποιείται στην Κίνα και κατασκευάζει τα «iPhone» και «iPad» για λογαριασμό της «Apple», αλλά και εξαρτήματα και συσκευές για λογαριασμό εταιρειών όπως η «Nokia», η «Sony», η «Dell», η HP και η «Microsoft», η οποία όμως αναγνωρίζεται παγκοσμίως για τις αυτοκτονίες των εργαζομένων της που συνεχίζουν να δουλεύουν ως δούλοι. Μέσα στην επόμενη τριετία σχεδιάζει να αντικαταστήσει σταδιακά τους εργαζόμενους με ένα εκατομμύριο ρομπότ! Το σκεπτικό είναι απλό: Τα ρομπότ δεν αυτοκτονούν, δεν κάνουν απεργίες, δε διεκδικούν. Ένας από τους βασικούς πυλώνες λειτουργίας του Καπιταλισμού και του κεφαλαιοκρατικού τρόπου παραγωγής, είναι ο κύκλος της αέναης παραγωγής και κατανάλωσης. Στο στάδιο της παραγωγής, η ανθρώπινη εργασία παράγει ένα πλεόνασμα πλούτου *, πέρα δηλαδή από τα αναγκαία για την επιβίωση του εργαζόμενου και της οικογένειάς του, μια υπεραξία όπως λέμε εμείς. Στον Καπιταλισμό τα μέσα παραγωγής αποτελούν ιδιοκτησία των αστών, οι οποίοι και αποτελούν, τους μόνους δικαιούχους αυτού του πλεονάσματος της υπεραξίας που παράγουν οι εργαζόμενοι. Για να ολοκληρωθεί όμως αυτός ο κύκλος και να ιδιοποιηθούν οι αστοί την υπεραξία, να βγάλουν δηλαδή κέρδος, πρέπει και η παραγωγή να καταναλωθεί. Χωρίς το στάδιο της κατανάλωσης, δεν είναι δυνατόν να καρπωθούν αυτήν την υπεραξία.

⁹Ρομπότ και οπλικά συστήματα. [Ηλεκτρονικό]

<https://sites.google.com/site/2lykpolrobot/omada-a/rompot-kai-oplika-systemata>.

Με λίγα λόγια οι καταναλωτές, που στην πλειοψηφία τους είναι οι ίδιοι οι εργαζόμενοι, πρέπει να έχουν ένα εισόδημα ώστε να καταναλώνουν τα προϊόντα που οι ίδιοι παράγουν και να καρπωθεί ο ιδιοκτήτης του μέσου παραγωγής την υπεραξία που έχει παραχθεί ! Ολόκληρο δηλαδή το σύστημα είναι βασισμένο στην μισθωτή εργασία, που αφήνει στους ανθρώπους μια και μόνο επιλογή ... να πωλούν την εργασία τους ώστε ύστερα να μπορούν να καταναλώνουν !!



Εικ. 1.13 Ρομποτική στη βιομηχανία

Εάν κάποτε οι άνθρωποι έπαυαν να δουλεύουν, δηλαδή σταματούσαν να παράγουν για τον εαυτό τους εισόδημα (αξία) και κέρδος για τους εργοδότες τους (υπεραξία), τότε το Καπιταλιστικό σύστημα απλά δεν θα λειτουργούσε .Και εδώ ερχόμαστε να συμπληρώσουμε δυο ακόμα στοιχεία τα οποία συνδέονται με την πρόθεση της Foxconn να αντικαταστήσει τους εργαζόμενους με ρομπότ. Πρόκειται για την ανάγκη των επιχειρήσεων να μεγιστοποιούν τα κέρδη τους, ώστε να ανταπεξέλθουν στο ανταγωνιστικό περιβάλλον, και για την επίδραση της τεχνολογικής πρόοδου στους οικονομικούς κανόνες του συστήματος.

Η στροφή προς την χρήση μηχανημάτων και την αντικατάσταση της ανθρώπινης εργασίας, είναι μια πολύ λογική συνέχεια της βιομηχανικής εξέλιξης και της ανάπτυξης της τεχνολογίας ... και φυσικά είναι απόλυτα θεμιτή η συνεχής τεχνολογική αναβάθμιση της ανθρώπινης κοινωνίας.

Το σκεπτικό της Foxconn είναι γνωστό ... μια μηχανή, δεν κουράζεται , δεν κάνει λάθη, δεν γεννάει , δεν ζητάει μισθό, ούτε αύξηση, ούτε ασφάλιση, ούτε βεβαίως απεργεί !!! Με αυτόν τον τρόπο η εταιρεία θεωρεί πως αυξάνεται η παραγωγή και συνεπώς η κερδοφορία της ! Και βραχυπρόθεσμα έχει δίκιο ... μακροπρόθεσμα όμως δημιουργούνται σοβαρά ερωτήματα για την λειτουργία συνολικά ενός συστήματος όπου η δυνατότητα της παραγωγής και της συνεχούς επέκτασής της, συνδέονται απόλυτα με την δυνατότητα κατανάλωσης εκ μέρους των ανθρώπων. Από το 1995 μέχρι σήμερα, έχουν χαθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση, πάνω από 35 εκατ. θέσεις εργασίας μόνο λόγω της τεχνολογικής ανάπτυξης, και συνεχίζονται καθημερινά να χάνονται εξαιτίας της αυτοματοποίησης σε διάφορες βιομηχανίες, των ATM, των μηχανών αυτοεξυπηρέτησης , των αυτόματων τηλεφωνικών κέντρων, των ηλεκτρονικών "περιπτέρων" και των αγορών μέσω ιντερνετ, ακόμα και λόγω των μπλογκς ή των σελίδων ενημέρωσης που βρίσκουμε στο διαδίκτυο !!!Πρόκειται για μια φυσική εξέλιξη η οποία όμως στο παρόν κοινωνικό σύστημα, προκαλεί αρχικά

ανέργους, φτώχεια και πείνα, ύστερα οικονομικές κρίσεις λόγω μη αποδοτικότητας των επενδύσεων ! Ο George Devol αιτήθηκε τα πρώτα διπλώματα ευρεσιτεχνίας για ρομπότ το 1954 (του χορηγήθηκε το 1961).

Η πρώτη εταιρεία που παρήγαγε ρομπότ ήταν η Unimation, που ιδρύθηκε από τον Devol και τον Joseph F. Engelberger το 1956 και αρχικά βασίστηκε στο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας του Devol. Τα ρομπότ της Unimation που ονομαζόταν επίσης και μηχανές προγραμματισμένων μεταφορών, λόγω της κύριας λειτουργίας τους που ήταν η μεταφορά αντικειμένων από ένα σημείο σε κάποιο άλλο, για αποστάσεις 4 μέτρων το πολύ. Χρησιμοποιούσαν υδραυλικούς ενεργοποιητές και είχαν προγραμματιστεί σε κοινές συντεταγμένες, δηλαδή οι γωνίες των διαφόρων αρθρώσεων αποθηκεύονταν κατά τη διάρκεια μιας φάσης διδασκαλίας και να αναπαράγονταν κατά τη λειτουργία. Ήταν ακριβή κατά 1/10,000 της ίντσας. (σημ: αν και η ακρίβεια δεν είναι το κατάλληλο μέτρο για τα ρομπότ, που συνήθως αξιολογούνται από τον ορισμό της επαναληψιμότητας). Η Unimation αργότερα αδειοδότησε την Kawasaki Heavy Industries και την Guest-Nettelfolds κατασκευάζοντας τα Unimates στην Ιαπωνία και την Αγγλία αντίστοιχα. Για αρκετό καιρό ο μοναδικός ανταγωνιστής της Unimation ήταν η Cincinnati Milacron Inc. του Οχάιο. Αυτό άλλαξε ριζικά στα τέλη της δεκαετίας του 1970, όταν πολλοί μεγάλοι ιαπωνικοί όμιλοι άρχισαν να παράγουν παρόμοια βιομηχανικά ρομπότ.



Εικ. 1.14 Αυτοματοποιημένη παραγωγική διαδικασία

Το 1969 ο Victor Scheinman στο Πανεπιστήμιο του Στάνφορντ ανακάλυψε το "βραχίονα του Στάνφορντ", έναν πλήρως ηλεκτρικό, 6 - αρθρωτό ρομποτικό άξονα σχεδιασμένο για να καταστεί δυνατή η λύση του βραχίονα. Αυτό επέτρεψε να ακολουθεί με ακρίβεια αυθαίρετες διαδρομές στο χώρο και διεύρυνε τις δυνατότητες χρήσης του ρομπότ σε πιο εξελιγμένες εφαρμογές, όπως η συναρμολόγηση και συγκόλληση. Ο Scheinman σχεδίασε κι ένα δεύτερο βραχίονα για το εργαστήριο Τεχνητής Νοημοσύνης του MIT. Αφού έλαβε μια υποτροφία από την Unimation για να εξελίξει τα σχέδια του, στη συνέχεια τα πούλησε στην ίδια εταιρία, όπου συνέχισε να τα εξελίσει με την υποστήριξη της General Motors και έπειτα το έβγαλε στην αγορά ως την καθολικά προγραμματιζόμενη μηχανή για συναρμολόγηση (PUMA).

Η ρομποτική βιομηχανία απογειώθηκε πολύ γρήγορα στην Ευρώπη, τόσο από την ABBRobotics όσο και από την KUKARobotics όπου έφεραν ρομπότ στην αγορά το 1973. Η ABBrobotics (πρώην ASEA) Εισηγάγε την IRB 6, μεταξύ των πρώτων στον κόσμο που διατίθεντο στο εμπόριο, εξολοκλήρου ηλεκτρικά ρομπότ που ελέγχονταν από μικροεπεξεργαστή. Τα δύο πρώτα ρομπότ IRB 6 πωλήθηκαν στην Magnusson στη Σουηδία για λείανση και στίλβωση των γωνιών σε σωλήνες και εγκαταστάθηκαν στην παραγωγή τον Ιανουάριο του 1974. Επίσης, το 1973 η KUKARobotics δημιούργησε το πρώτο ρομπότ, γνωστό ως FAMULUS,[2] επίσης, ένα από τα πρώτα αρθρωτά ρομπότ που δούλευαν με έξι ηλεκτρομηχανικούς άξονες.

Το ενδιαφέρον στη ρομποτική αυξήθηκε στα τέλη του 1970 και πολλές εταιρείες των ΗΠΑ εισήλθαν στον τομέα, συμπεριλαμβανομένων των μεγάλων εταιρειών όπως η GeneralElectric, και η GeneralMotors (η οποία σχημάτισε με κοινοπραξία την FANUCrobotics με την FANUCLTD της Ιαπωνίας). Στις πρωτοπόρες εταιρείες περιλαμβάνονται η Automatrix και η AdeptTechnologyInc. Στην κορύφωση της έκρηξης της ρομποτικής το 1984 η Unimation εξαγοράστηκε από την WestinghouseElectricCorporation έναντι 107 εκατομμυρίων δολαρίων. Η Westinghouse πούλησε την Unimation στην Γαλλική StaubliFavergeSCA το 1988, η οποία ακόμα παράγει αρθρωτά ρομπότ για γενικές βιομηχανικές εφαρμογές, η οποία αγόρασε ακόμη και το ρομποτικό τμήμα της Bosch στα τέλη του 2004.



Εικ. 1.15 Βιομηχανικά ρομπότ κατασκευάζουν αυτοκίνητα

Μόνο λίγες μη Ιαπωνικές εταιρείες κατάφεραν να επιβιώσουν σε αυτή την αγορά, οι κυριότερες είναι η AdeptTechnology, η Staubli-Unimation, η Swedish-Swiss η ABBAseaBrownBoveri και η Γερμανική KUKARobotics. Το 1990 η εταιρεία ComputerMotion παρήγαγε το ρομποτικό σύστημα AESOP (Automated Endoscopic System for Optimal Positioning), ένα σύστημα για την φωνητική καθοδήγηση της οπτικής και της κάμερας κατά την διάρκεια της λαπαροσκοπικής επέμβασης, το οποίο και εγκρίθηκε από τον Αμερικανικό Οργανισμό Φαρμάκων και Υλικών (FoodandDrugAdministration, FDA) γι' αυτήν του την χρήση.

Καθώς αναπτύσσονταν οι εφαρμογές των ρομπότ στην ιατρική, ερευνητές της NASA άρχισαν να ασχολούνται με την πραγματοποίηση της ιδέας της τηλεχειρουργικής (teleprescencesurgery ή telesurgery) η οποία συνδυάζει την εικονική πραγματικότητα, τα ρομπότ και την ιατρική. Για την πραγματοποίηση αυτής της ιδέας έπρεπε να ξεπεραστούν 3 βασικοί περιορισμοί:

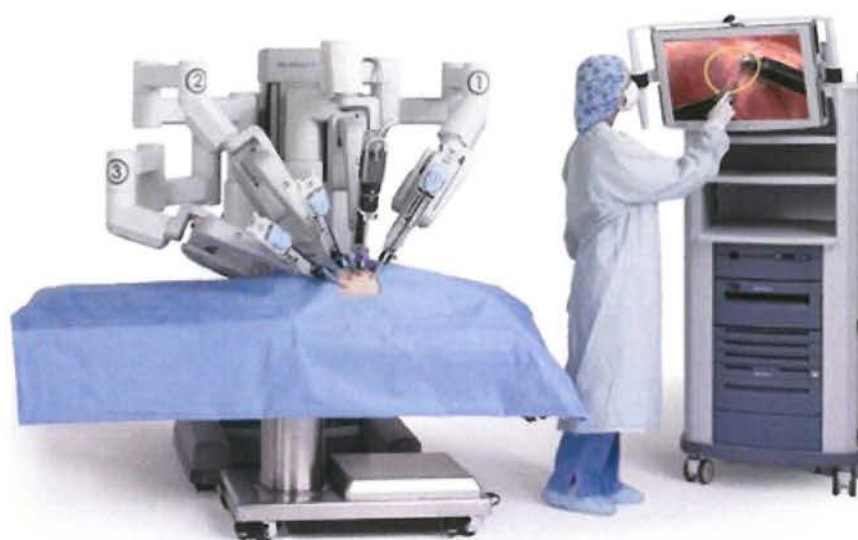
Ο πρώτος περιορισμός αφορά την αναγκαστική συνύπαρξη του ασθενούς και του χειρουργού στον ίδιο χώρο, καθώς φάνταζε απίστευτο να διενεργηθεί ένα χειρουργείο από μακρινή απόσταση. Αυτή η γεφύρωση του χάσματος που δημιουργούσε η απόσταση του χώρου ήταν άκρως ενδιαφέρουσα για την NASA και τον στρατό των ΗΠΑ γιατί η λύση αυτού του περιορισμού θα εξασφάλιζε τον τρόπο, ώστε αστροναύτες, με επείγοντα χειρουργικά προβλήματα υγείας να χειρουργούνται από γιατρούς που βρίσκονται στη γη, και από την άλλη πλευρά τραυματισμένοι στρατιώτες στο πεδίο της μάχης να χειρουργούνται από γιατρούς που βρίσκονταν σε κάποιο απομακρυσμένο και ασφαλές σημείο. Το δεύτερο πρόβλημα ήταν ο περιορισμένος βαθμός ελευθερίας κινήσεως των κλασσικών λαπαροσκοπικών εργαλείων, τα οποία δεν ήταν αρκετά εύκαμπτα ώστε να πραγματοποιήσουν ορισμένες κινήσεις και η δυσδιάστατη όραση, που δεν επιτρέπει ικανή εκτίμηση του βάθους της εικόνας. Τέλος, το τρίτο και τελευταίο πρόβλημα ήταν η πραγματοποίηση επεμβάσεων σε μικροσκοπικά και περιορισμένα χειρουργικά πεδία.¹⁰

1.4.5 Ρομποτική στην ιατρική

Η ρομποτική χειρουργική είναι πραγματικότητα χάρη στη ρομποτική τεχνολογία και την τηλε-χειρουργική. Η ψηφιακή ανάλυση έδωσε τη δυνατότητα να μεταφέρεται η πληροφορία σε μεγάλη απόσταση, δίνοντας ώθηση στην τηλε-χειρουργική. Μέχρι σήμερα ήταν αδιανόητο να πραγματοποιηθεί επέμβαση από μακριά, χωρίς δηλαδή να συνυπάρχουν ο ασθενής και ο χειρουργός στον ίδιο χώρο. Αυτός ο περιορισμός οδήγησε την NASA και τον στρατό να ξεκινήσουν έρευνες, ώστε να δημιουργηθεί ένας τρόπος να χειρουργούνται οι αστροναύτες από γιατρούς που βρίσκονταν στη γη, και αντίστοιχα οι στρατιώτες, που κινδύνευε η ζωή τους στο πεδίο της μάχης, από γιατρούς που βρίσκονταν σε κάποιο απομακρυσμένο και ασφαλές σημείο.

¹⁰Ρομποτική-εργαστάσια-βιομηχανία. [Ηλεκτρονικό]
<https://sites.google.com/site/2lykpolrobot/omada-b/thema-3>.

Επιπλέον, με την συντριπτική αποδοχή της από τη χειρουργική κοινότητα ήταν απαραίτητο να ξεπεραστούν οι περιορισμοί της λαπαροσκοπικής χειρουργικής, όπως και συνέβη με την εξέλιξη της ρομποτικής χειρουργικής. Έτσι, η ρομποτική χειρουργική αναπτύχθηκε για να προσφέρει περισσότερο εύκαμπτα εργαλεία με περισσότερους βαθμούς ελευθερίας στην κίνηση, πιο εργονομική θέση της χειρουργικής ομάδας και τρισδιάστατη και ακριβέστερη εικόνα του χειρουργικού πεδίου. Η ρομποτική χειρουργική αναπτύχθηκε, τέλος, για να αρθούν οι περιορισμοί που υπήρχαν στην πραγματοποίηση επεμβάσεων σε μικροσκοπικά και περιορισμένα χειρουργικά πεδία, ανοίγοντας νέους ορίζοντες στην χειρουργική και την παιδοχειρουργική.¹¹



Εικ. 1.16 Χειρουργικό σύστημα DaVinci

¹¹ΙΣΤΟΡΙΑ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ. [Ηλεκτρονικό] <http://www.kkonstantinidis.gr>.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ

2.1 Μεταβατική πορεία της χειρουργικής

2.1.1 Ελάχιστα επεμβατική χειρουργική

Πριν από περίπου 20 χρόνια οι χειρουργοί ξεκίνησαν να εφαρμόζουν μία νέα προσέγγιση στο χώρο των επεμβάσεων. Μία προσέγγιση η οποία είναι γνωστή σήμερα με τον όρο ελάχιστα επεμβατική χειρουργική (minimally invasive surgery – MIS). Στόχος ήταν η εκτέλεση χειρουργικών επεμβάσεων με ελάχιστο τραύμα και μικρό χρόνο ανάρρωσης των ασθενών. Κατά την εφαρμογή αυτής της τεχνικής μικροσκοπικές κάμερες προσαρμοσμένες σε όργανα που καλούνται ενδοσκόπια ή λαπαροσκόπια εισέρχονται μέσα από μικρές τομές περίπου 1cm και καθοδηγούνται μέσα στο σώμα του ασθενούς με τη βοήθεια μίας βιντεοοθόνης. Η επιτυχία υπήρξε τόσο μεγάλη που άλλαξε την πορεία της σύγχρονης ιατρικής και δημιούργησε μία καινούργια ειδικότητα, αυτή της λαπαροσκοπικής χειρουργικής. Η τελευταία βελτίωσε δραματικά τις συνθήκες νοσηλείας και φροντίδας του χειρουργημένου ασθενούς. Με τη μέθοδο αυτή οι κοιλιοτομές αποτέλεσαν παρελθόν. Ο μετεγχειρητικός πόνος, η απώλεια αίματος, οι μολύνσεις και οι επιπλοκές σχεδόν εκμηδενίστηκαν. Επεμβάσεις που στο παρελθόν απαιτούσαν πολυήμερη νοσηλεία γίνονται πλέον σε επίπεδο opedayclinic, δηλαδή με παραμονή μίας το πολύ ημέρας μέσα στην κλινική με ανάλογα μικρότερο κόστος για τον νοσηλευόμενο ασθενή. Η λαπαροσκοπική χειρουργική υπήρξε μία τεράστια τεχνολογική και ιατρική καινοτομία, αλλά όταν η χρήση της άρχισε να γενικεύεται εμφανίστηκαν ορισμένες αδυναμίες της που έθεσαν εμπόδια στην περαιτέρω εξέλιξή της. Στη λαπαροσκοπική χειρουργική ο χειρουργός καλείται να εκτελέσει επεμβάσεις με καθοδήγηση βίντεο χωρίς την άμεση επαφή με τον ασθενή. Χειρουργεί σε έναν εικονικά δισδιάστατο χώρο (2D visualization) με απώλεια αίσθησης βάθους του χειρουργικού πεδίου. Αδυνατεί να “ψηλαφίσει” τους ιστούς και χρησιμοποιεί μακριά και άκαμπτα εργαλεία που περιορίζουν την ευελιξία και τη δυνατότητα σύνθετων χειρισμών.

Για πρώτη φορά ο έλεγχος του χειρουργικού πεδίου περνάει σε κάποιον άλλο, τον άνθρωπο που κρατά και χειρίζεται το λαπαροσκόπιο. Μερικοί χειρουργοί προτιμούν να κρατούν οι ίδιοι το λαπαροσκόπιο θέλοντας να έχουν έτσι τον πλήρη έλεγχο του οπτικού πεδίου. Η τακτική αυτή όμως οδηγεί στη μονόχειρη εκτέλεση της επέμβασης από την πλευρά του χειρουργού. Σημαντική παράμετρος της ποιότητας της λαπαροσκοπικής εικόνας είναι η προσήλωση του εικονολήπτη στο χειρουργικό πεδίο και η αποφυγή κάθε άσκοπης κίνησης που θα μπορούσε να προκαλέσει εκνευρισμό στα μέλη της χειρουργικής ομάδας. Ο χειρισμός της λαπαροσκοπικής κάμερας έχει ως αποτέλεσμα την κίνηση της λαπαροσκοπικής εικόνας στην οθόνη καθώς ο φυσικός τρόπος του ανθρώπινου χεριού αλλά και η κίνηση του σφυγμικού κύματος έχουν ως αποτέλεσμα την ανάλογη σε μεγέθυνση κίνηση της λαπαροσκοπικής εικόνας, ιδιαίτερα όταν η επέμβαση εκτελείται με δεκαπλάσια ή και μεγαλύτερη μεγέθυνση του αντικειμενικού χειρουργικού πεδίου.

Ο μικρός χώρος εργασίας, το περιορισμένο οπτικό πεδίο και η υποβάθμιση των φυσικών αισθήσεων του χειρουργού αποτελούσαν σημαντικό εμπόδιο στη διεύρυνση των ενδείξεων και των εφαρμογών αυτής της τεχνολογίας. Έτσι, ενώ ορισμένες απλές λαπαροσκοπικές επεμβάσεις όπως είναι π.χ. η λαπαροσκοπική χολοκυστεκτομή διαδόθηκαν εύκολα και γρήγορα, δε συνέβη το ίδιο με τις πιο

απαιτητικές από αυτές (σπληνεκτομή, εντερεκτομές, γαστρεκτομές, προστατεκτομή, αποκατάσταση μιτροειδούς βαλβίδας κ.λ.π.). Όλες οι μελέτες συνέκλιναν στο συμπέρασμα ότι η προχωρημένη λαπαροσκοπική χειρουργική απαιτεί μακροχρόνια εκπαίδευση και ιδιαίτερη χειρουργική ακρίβεια και επιδεξιότητα (σε ό,τι αφορά τον χειρισμό των ιστών του σώματος π.χ. τομές, συρραφές η συμβατική ανοιχτή χειρουργική βρίσκεται σε πλεονεκτικότερη θέση).

Για να ξεπεραστούν αυτά τα προβλήματα δύο ήταν οι λύσεις: είτε να βοηθηθεί τεχνολογικά ο χειρουργός για να βελτιώσει τις ικανότητές του είτε αυτός να αντικατασταθεί από κάποια αυτόματη μηχανή απαλλαγμένη από ανθρώπινες αδυναμίες. Η έρευνα κινήθηκε από νωρίς και προς τις δύο κατευθύνσεις.



Εικ. 2.1 Ελάχιστα επεμβατική χειρουργική

2.1.2 Υποβοηθούμενη από υπολογιστή χειρουργική

Στη φιλοσοφία αυτής της τεχνολογίας, που κάνει εκτεταμένη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, ο χειρουργός παραμένει το κεντρικό πρόσωπο. Κύριος στόχος της υποβοηθούμενης από υπολογιστή χειρουργικής (computer-assisted surgery – CAS) είναι η ποιοτική αναβάθμιση των αισθήσεων και των ικανοτήτων του χειρουργού με στόχο να βελτιωθεί η απόδοσή του μέσα στο χειρουργείο. Ο χειρουργός ενισχύεται τώρα στο χειρουργικό πεδίο με τεχνητές αισθήσεις, τρισδιάστατη όραση και αφή, και τρισδιάστατα διαγνωστικά και απεικονιστικά μηχανήματα. Εκτός από το χειρουργείο, η τεχνολογία CAS βρίσκει επίσης εφαρμογές στην ιατρική απεικόνιση, την εκπαίδευση και το σχεδιασμό χειρουργικών επεμβάσεων (surgical planning).



Εικ. 2.2 Επέμβαση με υποβοήθηση υπολογιστή

2.1.3 Ρομποτική χειρουργική

Η εισαγωγή στην κλινική πράξη ρομποτικών βραχιόνων ελεγχόμενων από υπολογιστή που συγκρατούν το λαπαροσκόπιο και υπακούουν πιστά στις εντολές του χειρουργού υποσχέθηκε καινοπονητική 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 χειριστηρίου 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.

2.2 Βασικά χαρακτηριστικά των ιατρικών ρομπότ

Τα χειρουργικά ρομποτικά συστήματα μπορούν να εκφραστούν και ως τα απομακρυσμένα χέρια του χειρουργού τα οποία δίνουν τη δυνατότητα μεταφοράς κινήσεων στον ασθενή μέσω μικροσκοπικών τομών.

Τα βασικά χαρακτηριστικά, που πρέπει να πληρούνται από τα ιατρικά ρομπότ, είναι τα ακόλουθα:

- Αποτελεσματικός Έλεγχος: Ο έλεγχος της δύναμης και της ταχύτητας του τελικού σημείου δράσης πρέπει να επιτρέπεται από τα εξαρτήματα του εκάστοτε ρομποτικού συστήματος
- Περιορισμένος Χώρος Εργασίας: Ο Χώρος Εργασίας πρέπει να είναι περιορισμένος στον επιθυμητό χώρο δράσης για αποφυγή τραυματισμών.
- Περιορισμένη Δύναμη ή Ανατροφοδότηση Δύναμης: Κατά τη διάρκεια των επεμβάσεων οι εφαρμοζόμενες δυνάμεις θα πρέπει να ελέγχονται πλήρως και ο χειρουργός να έχει γνώση αυτών.
- Επιλογή Πλήρους Ελέγχου του Ρομπότ: Να υπάρχει δυνατότητα σε περίπτωση μίας ενέργειας που την εκτελεί αυτόνομα το ρομπότ να πάρει τον χειρισμό ο χειρουργός.
- Δυνατότητα Ασφαλούς Λειτουργίας: Σε περίπτωση βλάβης το ρομπότ να μπαίνει σε ασφαλή λειτουργία για την αποφυγή τραυματισμών.
- Δυνατότητα Αποστείρωσης: Δυνατότητα αποστείρωσης των εξαρτημάτων του ή κάλυψη αυτών με ειδικά προστατευτικά μίας χρήσης.
- Προστασία από Μαγνητική Παρεμβολή: Προστασία από μαγνητική παρεμβολή λόγω χρήσης άλλων χειρουργικών εργαλείων με μαγνητικό πεδίο.¹²

¹²Ρομποτική χειρουργική. Παρόν και μέλλον. [Ηλεκτρονικό]

http://www.paxysarkia.net/robotic_surgery.htm.

2.3 Κατηγοριοποίηση Χειρουργικών Ρομποτικών Συστημάτων

Τα ιατρικά ρομπότ έχουν ταξινομηθεί στην βιβλιογραφία σύμφωνα με τις ακόλουθες κατηγορίες: απομακρυσμένοι χειριστές, παθητικά ρομποτικά συστήματα, ημιενεργά ρομποτικά συστήματα, ενεργά ρομποτικά συστήματα και συστήματα απεικόνισης και πλοήγησης στο χώρο. Από την στιγμή που αυτή η περιοχή έρευνας δεν έχει ωριμάσει ακόμα είναι αναμενόμενο οι κατηγορίες και οι κατηγοριοποιήσεις να διαφέρουν με το πέρασμα του χρόνου και την συμβολή νέων επαναστατικών ιδεών.

2.3.1 Παθητικά

Τα παθητικά ρομποτικά συστήματα υποστηρίζουν την χειρουργική επέμβαση, αλλά όμως δεν λαμβάνουν ενεργό ρόλο κατά την διάρκεια της επέμβασης και ουσιαστικά η επέμβαση εκτελείται από τον χειρουργό. Σήμερα μία από τις κύριες μορφές των παθητικών χειρουργικών ρομποτικών συστημάτων είναι τα ρομποτικά συστήματα υποβοήθησης επεμβατικών πράξεων μέσω ενεργών περιορισμών (active constraint).

Acrobot

Το Acrobot είναι ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα τέτοιων ρομποτικών συστημάτων, το οποίο αναπτύχθηκε από τον B.L.Davies και τους συνεργάτες του, και χρησιμοποιείται στην υποβοήθηση ορθοπεδικών επεμβάσεων. Προϋποθέτει την συνεργασία μεταξύ του χειρουργού και του ρομπότ, προσφέρει υποστήριξη στον χειρουργό κατά την διάρκεια της επέμβασης και προλαμβάνει τυχόν λάθη. Το ρομπότ προσφέρει κατάλληλη γεωμετρική ακρίβεια και αυξάνει την ασφάλεια καθότι περιορίζει την τρισδιάστατη κίνηση του εκάστοτε χειρουργικού εργαλείου εντός της ασφαλούς περιοχής. Αυτή η πρακτική ονομάζεται hands-onrobotics.

Προσφέρει ένα σημαντικό πλεονέκτημα σε σχέση με τα υπόλοιπα συστήματα της κατηγορίας διότι παρέχει εργαλεία για τον χειρισμό μαλακών ιστών και καθιστά δυνατή την προσέγγιση της ελάχιστα επεμβατικής χειρουργικής. Η αποτελεσματικότητα του συστήματος έχει αποδειχθεί κλινικά. Οι πρώτες κλινικές δοκιμές το 2002 περιελάμβαναν επτά ολικές αντικαταστάσεις γονάτου. Κατά τη διάρκεια μίας μελέτης που έλαβε χώρα το 2004 πραγματοποιήθηκαν 13 επεμβάσεις αντικατάστασης γονάτου με τη βοήθεια του συστήματος Acrobot και 15 με συμβατικές μεθόδους. Η έρευνα έδειξε ότι η τοποθέτηση του προσθετικού εμφυτεύματος με τη βοήθεια του χειρουργικού συστήματος πραγματοποιήθηκε με μεγαλύτερη ακρίβεια και συνέπεια σύμφωνα με το χειρουργικό πλάνο. Και στις 13 ρομποτικές επεμβάσεις με το Acrobot τα εμφυτεύματα τοποθετήθηκαν με ακρίβεια 20 . Την ίδια ακρίβεια επέδειξαν μόνο 6 από τις 15 επεμβάσεις με τη συμβατική μέθοδο, με τη χειρότερη περίπτωση να έχει απόκλιση 4.20 από τη σχεδιασμένη θέση.

Η πιο πρόσφατη έκδοση του συστήματος περιλαμβάνει τα ακόλουθα υποσυστήματα

AcrobotModeller

Είναι ένα εύχρηστο σύστημα λογισμικού που χρησιμοποιεί τις προεγχειρητικές εικόνες από την αξονική τομογραφία της άρθρωσης του ασθενούς για να παράγει ένα τρισδιάστατο μοντέλο της ανατομίας του οστού του.

AcrobotPlanner

Το λογισμικό αυτό σύστημα επιτρέπει στον χειρουργό να έχει μία τρισδιάστατη απεικόνιση της ανατομίας του ασθενούς που δημιούργησε ο AcrobotModeller. Χρησιμοποιείται επίσης από τον χειρουργό για να παράγει ένα μοναδικό για κάθε ασθενή προεγχειρητικό σχέδιο με το σωστό μέγεθος όκαι την ακριβή τοποθέτηση του απαιτούμενου για κάθε περίπτωση εμφυτεύματος.

AcrobotNavigator

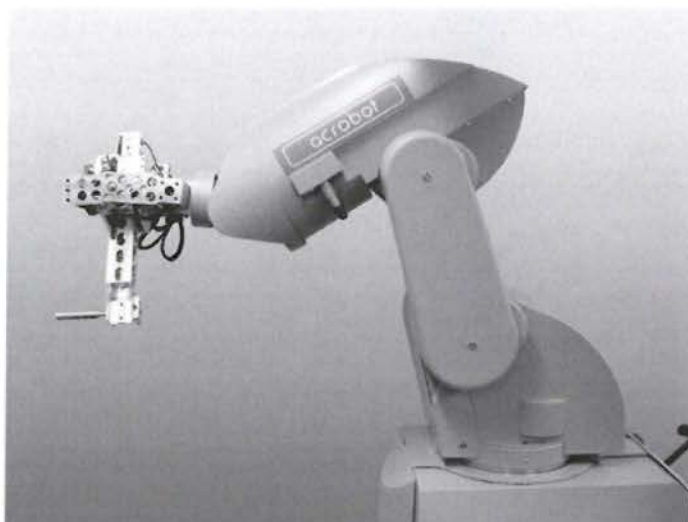
Αποτελεί ένα μοναδικό, καθαρά μηχανικό σύστημα, και για το λόγο αυτό δεν παρουσιάζει ταμειονεκτήματα που παρουσιάζουν τα οπτικά και ηλεκτρομαγνητικά συστήματα (παρεμβολές κ.ά.). Διαθέτει δύο βραχίονες, ο ένας από τους οποίους προσαρμόζεται στον ασθενή και ο άλλος στα διάφορα χειρουργικά εργαλεία, η εναλλαγή των οποίων γίνεται εύκολα κατά τη διάρκεια της επέμβασης. Ο AcrobotNavigator είναι ένα εργονομικό και εύχρηστο σύστημα, δεν παρεμβάλλει μέσα στο χειρουργικό πεδίο και διαθέτει ένα άριστο interface μεταξύ του χρήστη και του λογισμικού συστήματος. Επιπλέον, ο χειρουργός έχει τη δυνατότητα να βλέπει την πραγματική σε σύγκριση με την προσχεδιασμένη θέση κάθε εργαλείου, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η ακριβής προετοιμασία του οστού, σύμφωνα πάντοτε με το προεγχειρητικό σχέδιο του AcrobotPlanner. Η επίσημη παρουσίαση του AcrobotNavigator έγινε το 2007.

AcrobotSculptor

Το σύστημα αυτό επιτρέπει σε έναν χειρουργό να περιορίζει το κόστιμο ενός οστού μέσα σε έναν καθορισμένο όγκο στο χώρο και να το διαμορφώνει έτσι ώστε να μπορεί να δεχτεί το εμφύτευμα με μεγαλύτερη ακρίβεια. Ο χειρουργός μπορεί να αποφασίζει πιο εύκολα που, πότε και πόσο οστό θα κόψει. Η παρουσίαση της συσκευής αναμένεται να γίνει μέσα στο 2009 καθώς βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης.¹³¹⁴

¹³ Acrobot. [Ηλεκτρονικό] http://www.medgadget.com/2006/02/the_acrobot_sur.html.

¹⁴ Acrobot. [Ηλεκτρονικό] http://en.wikipedia.org/wiki/Robotic_surgery.



Εικ. 2.3 AcrobotSculptor

Maco

Εξαιρετικά προηγμένης RIO[®] τεχνολογίας ρομποτικός βραχίονας ο οποίος προσφέρει ένα νέο επίπεδο ακρίβειας και την ευθυγράμμιση και τοποθέτηση εμφυτευμάτων. Αυτοί είναι σημαντικοί παράγοντες που μπορούν να βελτιώσουν τα χειρουργικά αποτελέσματα στις αντικαταστάσεις ισχίου και γόνατος προσφέροντας στους ασθενείς ένα ανακαινισμένο τρόπο ζωής.¹⁵



Εικ. 2.4 Maco

¹⁵ Maco. [Ηλεκτρονικό] <http://www.makosurgical.com/makoplasty>.

2.3.2 Ημιενεργά

Σε αυτά το ρομπότ ενεργεί βοηθητικά κατά τη διάρκεια της επέμβασης κρατώντας σε σταθερή θέση το εργαλείο, ώστε να επιτρέπει την ακριβή οδήγηση των χειρουργικών εργαλείων. Ορισμένα παραδείγματα σύγχρονων ρομποτικών συστημάτων αυτού του είδους είναι το NeuroMate (IntegratedSurgicalSystems, USA) και το PathFinder (ArmstrongHealthCareLtd., UK).

Neuromate

Το NeuroMate αναπτύχθηκε από την IntegratedSurgicalSystems και είναι ένα εμπορικά διαθέσιμο ρομποτικό σύστημα υποβοήθησης επεμβάσεων νευροχειρουργικής. Αποτελεί το πρώτο σύστημα που έλαβε την έγκριση της FDA για τέτοιου είδους επεμβάσεις. Περιλαμβάνει έναν ρομποτικό βραχίονα με πέντε βαθμούς ελευθερίας και ένα σύστημα σχεδιασμού βασισμένο σε υπολογιστή. Το λογισμικό του συστήματος επιτρέπει έναν ακριβή, βασισμένο σε εικόνες, σχεδιασμό και οπτικοποίηση πολλαπλών τροχιών. Οι εικόνες λαμβάνονται από τον ασθενή είτε με αξονική τομογραφία (CT) είτε με απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (MRI). Κατά τη διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης, το σύστημα παρέχει τρισδιάστατη απεικόνιση των ανατομικών δομών του ασθενούς και των σημείων-στόχων στον εγκέφαλό του καθώς διαγράφονται οι προσχεδιασμένες τροχιές του ρομποτικού βραχίονα.



Εικ. 2.5 Neuromate

Το ρομπότ μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε με ένα στερεοτακτικό πλαίσιο αναφοράς γύρω από το κεφάλι του ασθενούς είτε χωρίς αυτό. Στη δεύτερη περίπτωση, το

σύστημα χωρίς πλαίσιο περιλαμβάνει μία ελαφριά, πλαστική βάση στο κεφάλι του ασθενούς μέσα στην οποία εισάγεται μία συσκευή προσδιορισμού της θέσης με υπέρηχους σε μορφή έλικας. Ο αισθητήρας υπερήχων μεταδίδει σήματα στο χειρουργικό ρομπότ για τη θέση του κεφαλιού του ασθενούς σε σχέση με τον ρομποτικό βραχίονα. Έχει διαπιστωθεί πάντως ότι στην περίπτωση αυτή η ακρίβεια του συστήματος μειώνεται. Έχει αποδειχθεί ότι το NeuroMate μπορεί να κρατήσει πιο σταθερά και να προσανατολίσει με μεγαλύτερη ακρίβεια στον τρισδιάστατο χώρο εργαλεία όπως είναι π.χ. μία βελόνα βιοψίας ή ένα ηλεκτρόδιο. Περιορίζει τα ανθρώπινα σφάλματα και μειώνει τον απαιτούμενο χρόνο σε επεμβάσεις που περιλαμβάνουν κυρίως βιοψίες ή πολλαπλούς στόχους. Εντούτοις, ο όγκος του συστήματος, η μέτρια εργονομία του και ο περιορισμένος αριθμός εργαλείων που μπορεί αυτό να χειριστεί αποτελούν μειονεκτήματα.¹⁶¹⁷

Pathfinder

Το PathFinder είναι ένα ρομποτικό σύστημα νευροχειρουργικής, η χρησιμότητα του οποίου στην ακριβή εισαγωγή ηλεκτροδίων σε βάθος για τον εντοπισμό της εστίας της επιληψίας και του κροταφικού κέρατος έχει ήδη αποδειχθεί. Η χρήση του έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της χρονικής διάρκειας των επεμβάσεων.



Εικ. 2.6 Pathfinder

Veebot

Η πρώτη προσπάθεια για φλεβοκέντηση συνήθως αποτυγχάνει σε ένα ποσοστό 20-25%. Έτσι, συμβαίνουν περίπου 2 εκατομμύρια τραυματισμοί από βελόνες κάθε χρόνο κατά τη διάρκεια της καθημερινής αιμοληψίας για διενέργεια διαγνωστικών εργαστηριακών εξετάσεων. Θεωρείται, μάλιστα, ότι ένα ποσοστό της τάξεως του 40-75% των τραυματισμών από βελόνες δεν αναφέρεται και δεν καταγράφεται στατιστικά. Ακόμα η τοποθέτηση λάνθασμένης ετικέτας στα δείγματα αίματος αποτελεί ένα ακόμα πρόβλημα στην καθημερινή κλινική πράξη. Δεν είναι

¹⁶Neuromate. [Ηλεκτρονικό] <http://www.renishaw.com/en/10712.aspx>.

¹⁷Neuromate. [Ηλεκτρονικό] <http://www.ece.eng.wayne.edu/~apandya/Publications/CAS2002-RobotAccuracy.pdf>.

εύκολο να γίνει οικονομική αποτίμηση αυτών των περιστατικών, αρκετοί όμως υποστηρίζουν πως στοιχίζουν στα Νοσοκομεία περί τα 300 εκ. δολάρια το χρόνο. Η εταιρία Veebot προσπαθεί να χρησιμοποιήσει την ρομποτική με σκοπό να αυτοματοποιήσει τις σχετικές διαδικασίες, ώστε να εξαλειφθούν ή να μειωθούν τα σφάλματα, που (αναπόφευκτα) γίνονται από ανθρώπινα χέρια. Η Veebot αναπτύσσει ένα αυτοματοποιημένο σύστημα φλεβοκέντησης. Το ρομπότ χρησιμοποιεί εργαλεία και αναλώσιμα που χρησιμοποιούνται και με τον παραδοσιακό τρόπο (βελόνες, πεταλούδες, καθετήρες κλπ). Ωστόσο, μπορεί να σκανάρει μέσω υπερήχων (ή άλλων μεθόδων) την περιοχή της αιμοληψίας και να βρει την κατάλληλη φλέβα (αυτήν που έχει την πιο ικανοποιητική ροή). Η ακρίβεια αγγίζει περί το 80% με 90%.¹⁸¹⁹



Εικ. 2.7 Veebot

2.3.3 Ενεργά

Τα ενεργά ρομποτικά συστήματα εκτελούν χειρουργικές εργασίες αυτόνομα χωρίς την άμεση παρέμβαση του χειρουργού. Παραδείγματα αυτών είναι το RoboDoc, CASPAR, MBARS, CyberKnife και GammaKnife PERFEXION. Ίσως σήμερα το πιο γνωστό εξ αυτών είναι το RoboDoc.

Robotoc

¹⁸Veebot. [Ηλεκτρονικό] <http://www.care.gr/post/7800/robo-nurse-to-rompot-pou-kanei-aimolipsies>.

¹⁹Veebot. [Ηλεκτρονικό] <http://www.veebot.com/>

Το συγκεκριμένο ενεργό σύστημα αναπτύχθηκε από την IntegratedSurgicalSystems από ένα πρότυπο που σχεδιάστηκε στο ερευνητικό κέντρο ThomasJ. Watson της IBM το 1986 και ήταν το πρώτο σύστημα που χρησιμοποιήθηκε το 1992 σε χειρουργικές επεμβάσεις ορθοπαιδικής. Επιτρέπει στους χειρουργούς να σχεδιάζουν προεγχειρητικά τις επεμβάσεις σε ένα τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον και κατόπιν να τις εκτελούν στο χειρουργικό πεδίο όπως αυτές αρχικά σχεδιάστηκαν. Το σύστημα βρίσκει ευρεία εφαρμογή τόσο στην ολική αρθροπλαστική ισχίου (THA), κατά την οποία αντικαθίσταται η πάσχουσα άρθρωση με μία τεχνητή πρόσθεση, όσο και στην ολική αντικατάσταση γονάτου (TKR). Το συγκεκριμένο σύστημα αποτελείται από δύο υποσυστήματα, το σύστημα προεγχειρητικού σχεδιασμού ORTHODOC και το σύστημα χειρουργικής υποβοήθησης ROBODOC. Το υποσύστημα προεγχειρητικού σχεδιασμού είναι εξοπλισμένο με κατάλληλο λογισμικό ώστε να παρέχει στο χειρουργό τρισδιάστατη πληροφορία και εύκολο point-and-click έλεγχο. Σε μία επέμβαση αρθροπλαστικής το ORTHODOC μετατρέπει την αξονική τομογραφία της άρθρωσης του ασθενή σε μία τρισδιάστατη εικόνα του οστού, με τη βοήθεια της οποίας ο χειρουργός μπορεί να εξάγει τα χαρακτηριστικά του οστού και της άρθρωσης. Δίνεται έτσι η δυνατότητα στον τελευταίο να χρησιμοποιήσει το ORTHODOC σε μία εικονική προσομοίωση της επέμβασης με τη βοήθεια των εικόνων CT της ανατομίας του ασθενή.

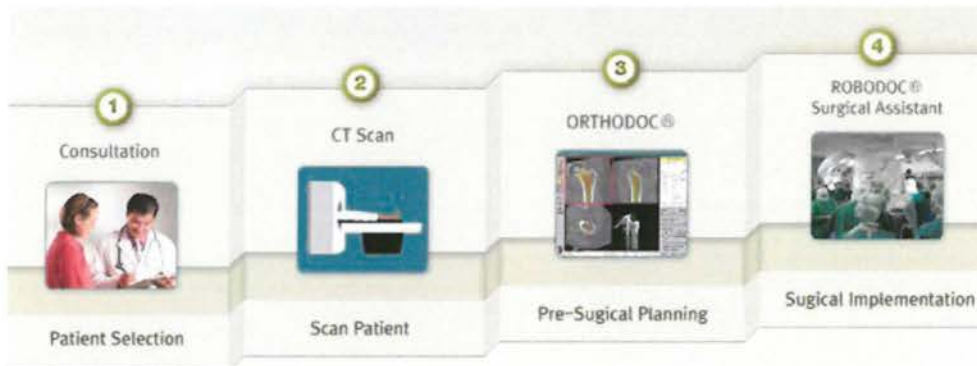
Ο χειρουργός επιλέγει το μοντέλο, το μέγεθος και τον τύπο του εμφυτεύματος από την εκτεταμένη ψηφιακή βιβλιοθήκη του ORTHODOC βασιζόμενος στην ανάλυση των προεγχειρητικών εικόνων αξονικής τομογραφίας και καθορίζει ενεργά, με τη βοήθεια του τρισδιάστατου εικονικού μοντέλου, την επιθυμητή θέση κάθε μέρους της άρθρωσης σε σχέση με τις συντεταγμένες της αξονικής. Με τον τρόπο αυτό πραγματοποιείται η βέλτιστη επιλογή του εμφυτεύματος και η ακριβής ευθυγράμμισή του.



Εικ. 2.8 Το σύστημα ROBODOC

Μελέτες έχουν δείξει ότι η προεγχειρητική επιλογή τεχνητών προσθέσεων μπορεί να οδηγήσει με κατάλληλο σχεδιασμό σε ποσοστά επιτυχίας μεγαλύτερα και του 95% ακόμα. Το προεγχειρητικό σχέδιο το οποίο δημιουργήθηκε από το ORTHODOC μεταφέρεται ηλεκτρονικά στο σύστημα χειρουργικής υποβοήθησης ROBODOC, το οποίο, ελεγχόμενο από υπολογιστή, το εκτελεί με εξαιρετική ακρίβεια. Το χέρι του χειρουργού οδηγεί το ρομπότ σε μία αρχική θέση. Κατόπιν το ROBODOC, ασκώντας ελεγχόμενη, ήπια πίεση μπορεί να “σμιλεύσει” την κοιλότητα του οστού στο επιθυμητό σχήμα με ακρίβεια μικρότερη του χιλιοστού, ενώ ταυτόχρονα απεικονίζονται σε ένα μόνιτορ οι δυνάμεις κοπής, η κίνηση των οστών

και άλλες παράμετροι ασφαλείας. Ο χειρουργός βλέπει επίσης σε οθόνη την εξέλιξη της επέμβασης και μπορεί να διακόψει το ρομπότ οποιαδήποτε στιγμή. Εάν η επέμβαση σταματήσει για οποιονδήποτε λόγο, υπάρχει δυνατότητα αποκατάστασης του σφάλματος με επανάλληψη της διαδικασίας από την αρχή ή με επανεκκίνηση αυτής σε ένα από τα καθορισμένα σημεία ελέγχου. Αφού επιτευχθεί το επιθυμητό σχήμα οστού, ο χειρουργός συνεχίζει την επέμβαση με τον κλασικό τρόπο.



Εικ. 2.9 Τα στάδια της χειρουργικής επέμβασης με το ROBODOC

Ο ρομποτικός βραχίονας του συστήματος είναι εφοδιασμένος με ένα ορθοπεδικό εργαλείο υψηλής ταχύτητας (τρυπάνι) και λοιπό υλικό εξοπλισμό ειδικά σχεδιασμένο για να επιτυγχάνεται ακριβές ταίριασμα του προσθετικού μέλους. Το ρομπότ έχει επίσης τη δυνατότητα να σμιλεύει κοιλότητες για την εμφύτευση ισχίου, να απομακρύνει την οστέινη ουσία από τα οστά σε επεμβάσεις επανόρθωσης και να λειαίνει τις μηριαίες και κνημιαίες επιφάνειες για εμφύτευση γονάτου. Η χρήση του συγκεκριμένου ρομποτικού συστήματος σε χιλιάδες επεμβάσεις μέχρι σήμερα έχει αποδειχτεί ότι είναι λιγότερο τραυματική για τον ασθενή και μεγαλύτερης ακρίβειας από τις αντίστοιχες συμβατικές τεχνικές. Τον Ιούνιο του 2008 η κορεάτικη εταιρεία Curexo Technology Corporation εξαγόρασε την Integrated Surgical Systems, αποκτώντας έτσι όλα τα πνευματικά δικαιώματα για το σύστημα ROBODOC. Τον Αύγουστο του 2008 το σύστημα έλαβε την έγκριση της FDA για επεμβάσεις ολικής αρθροπλαστικής ισχίου. Μέχρι σήμερα έχουν πραγματοποιηθεί πάνω από 24.000 επεμβάσεις παγκοσμίως με το σύστημα ROBODOC, ενώ η εταιρεία προσπαθεί να επεκτείνει τη χρήση του συστήματος σε επεμβάσεις σπονδυλικής στήλης και κρανίου.²⁰

CyberKnife

Το CyberKnife είναι το πρώτο σύστημα ακτινοχειρουργικής που σχεδιάστηκε για την αντιμετώπιση όγκων και άλλων παθολογικών καταστάσεων, με ενδείξεις καλοήθειας ή κακοήθειας, σε οποιοδήποτε σημείο του σώματος με ακρίβεια κάτω του χιλιοστού. Η ακρίβεια της θεραπείας είναι καθοριστικός παράγοντας και πιθανώς το σημαντικότερο χαρακτηριστικό γνώρισμα της ακτινοχειρουργικής. Η μέθοδος επικέντρωσης που χρησιμοποιεί το CyberKnife αντιπροσωπεύει μία μοναδική πρόοδο, πολύ πέρα από τα παλαιότερα συστήματα, τα οποία βασίζονταν στο

²⁰ Robotoc. [Ηλεκτρονικό] http://www.robodoc.com/patient_news_pressreleases.html.

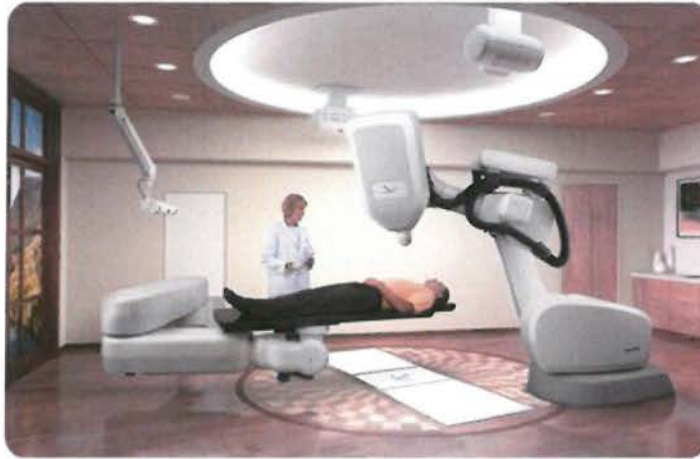
μεταλλικό πλαίσιο που ήταν βιδωμένο στο κρανίο του ασθενούς ή εξαρτιόταν από το στοματικό αποτύπωμα της άνω γνάθου. Εφευρέθηκε από τον John Adler, καθηγητή Νευροχειρουργικής και Ραδιοσκολογίας στο πανεπιστήμιο Stanford της Καλιφόρνιας το 1987. Είναι ένα σύστημα στερεοτακτικής ακτινοχειρουργικής που χρησιμοποιεί τη σύγχρονη τεχνολογία και έχει ως σκοπό να είναι το ακριβέστερο και πιο ευέλικτο εργαλείο που διαθέτει η μοντέρνα ακτινοθεραπευτική.



Εικ. 2.10 Το σύστημα CyberKnife αποτελείται από τα ακόλουθα βασικά μέρη:

- Έναν μικρών διαστάσεων και ειδικών προδιαγραφών γραμμικό επιταχυντή 6MV με ρυθμό δόσης 600MU/min (MonitorUnitsperminute).
- Ένα ρομποτικό βραχίονα με δυνατότητα κινήσεων σε έξι άξονες (6 βαθμοί ελευθερίας) ώστε να είναι δυνατή οποιαδήποτε κατεύθυνση της δέσμης των ακτίνων στο χώρο. Ο βραχίονας κατευθύνεται και ελέγχεται από υπολογιστή με μέγιστο σφάλμα απόκλισης 0.2 mm.
- Σύστημα ψηφιακής ακτινογραφίας το οποίο καθοδηγεί το ρομπότ – άρα και τη δέσμη για την παρακολούθηση της κίνησης του ασθενούς, και συνεπώς του στόχου (όγκου ή άλλης παθολογικής εστίας), για να γίνει αυτόματα η ανάλογη διόρθωση των παραμέτρων.
- Ένα ειδικά σχεδιασμένο τραπέζι θεραπείας.
- Σύστημα σχεδιασμού θεραπείας με σύγχρονους και ισχυρούς υπολογιστές αλλά και εξελιγμένο λογισμικό με πολλές και μεγάλες δυνατότητες.
- Το ειδικό σύστημα Synchrony που αποτελείται από συσκευές και λογισμικό και εφαρμόζεται ειδικά σε θεραπείες οργάνων που μετακινούνται με την

αναπνευστική λειτουργία (π.χ. πνεύμονας, πάγκρεας, ήπαρ κ.λ.π.). Δίνει τη δυνατότητα σε έναν στόχο να ακτινοβολείται ενώ αυτός κινείται λόγω της αναπνοής του ασθενούς. Το πλεονέκτημα του συστήματος Synchrony είναι ότι ο ασθενής μπορεί να αναπνέει κανονικά σε όλη τη διάρκεια της θεραπείας ενώ το ρομπότ αντισταθμίζει ενεργά την κίνηση αναπνοής κατά τη διάρκεια της ακτινοβολήσης.



Εικ. 2.11 Το σύστημα CyberKnife

Μετά την τοποθέτηση του ασθενούς στο κρεβάτι του συστήματος και σε θέση θεραπείας, λαμβάνονται δύο ψηφιακές ακτινογραφίες με γωνία 90° μεταξύ τους και το σύστημα βρίσκει τη στερεοτακτική θέση του στόχου τον οποίο ο χειρουργός έχει προγραμματίσει να ακτινοβολήσει. Μόλις χαρτογραφηθεί ακριβώς η θέση του στόχου, ο ρομποτικός βραχίονας κινείται (και μαζί του και ο γραμμικός επιταχυντής) λαμβάνοντας τη θέση ακτινοβολήσης που έχει καθοριστεί στο εκπονηθέν σχέδιο θεραπείας. Μιάνεα ψηφιακή λήψη επιβεβαιώνει ότι δεν υπήρξε μετακίνηση του στόχου ούτε χιλιοστό και τότε δίνεται η πρώτη δέσμη από τον γραμμικό επιταχυντή. Οι επόμενες δέσμες (δεύτερη, τρίτη κ.λ.π.) δίνονται από διάφορες γωνίες στο χώρο, με ανάλογες μετακινήσεις του ρομποτικού βραχίονα. Πριν από κάθε δέσμη ακτινοβολήσης το σύστημα επιβεβαιώνει τη σωστή θέση ασθενούς και στόχου. Αν συμβεί κάποια μετακίνηση εκτελεί αυτόματα διορθώσεις ώστε να συνεχίσει την επικέντρωση της θεραπείας στο στόχο όπως προβλέπει το προσχεδιασμένο πλάνο. Το σύστημα πραγματοποιεί τις διορθώσεις καθ'όλη τη διάρκεια της θεραπείας ακολουθώντας και ελέγχοντας τη θέση του στόχου και του ασθενούς. Αντισταθμίζει τη μετακίνηση του ασθενούς και του στόχου χρησιμοποιώντας ακτινογραφικές εικόνες σε πραγματικό χρόνο που συσχετίζονται με τις ακτινογραφικές εικόνες του σχεδίου θεραπείας. Τελικά, δίδεται μία υψηλή δόση ακτινοβολίας με ακρίβεια συγκρίσιμη και ανώτερη από άλλες συσκευές ακτινοχειρουργικής βασισμένων σε πλαίσιο ακινητοποίησης, ενώ παράλληλα προφυλάσσεται ο παρακείμενος φυσιολογικός ιστός. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η μέγιστη ακρίβεια στην παρεχόμενη ακτινοθεραπεία. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του συστήματος είναι ότι δεν περιορίζεται σεισοκεντρική θεραπεία, αλλά οι πολλές και από διάφορες κατευθύνσεις δέσμες του μπορούν να καλύψουν οποιοδήποτε σχήμα στόχου-όγκου, όσο ακανόνιστο κι αν είναι αυτό. Το CyberKnife μπορεί έτσι να αντιμετωπίσει όγκους ή άλλες παθολογικές εστίες που άλλα συστήματα ακτινοχειρουργικής δεν θα μπορούσαν. Το πρώτο σύστημα CyberKnife εγκαταστάθηκε το 1994 στο

πανεπιστήμιο Stanford και έκτοτε έχουν εγκατασταθεί διεθνώς περισσότερες από 140 μονάδες. Μέχρι στιγμής έχουν αντιμετωπιστεί συνολικά περισσότερα από 60.000 περιστατικά σε όλο τον κόσμο. Το Φεβρουάριο του 2008 οι ασθενείς που έκαναν θεραπεία με το CyberKnife διεθνώς για καρκίνο των πνευμόνων, του προστάτη και του ήπατος είχαν αυξηθεί περίπου κατά 50%, 100% και 131% αντίστοιχα σε σχέση με τον αντίστοιχο μήνα του 2007, ενώ στις Ηνωμένες Πολιτείες ποσοστό μεγαλύτερο του 56% των συνολικών περιπτώσεων θεραπείας με το συγκεκριμένο σύστημα αφορά εξωκρανιακούς όγκους.²¹

2.3.4 Συστήματα απεικόνισης και πλοήγησης στο χώρο

Τα συστήματα απεικόνισης και πλοήγησης στο χώρο (Navigators) αποτελούν σημαντικό κομμάτι των ιατρικών ρομποτικών συστημάτων. Χρησιμοποιούνται συνήθως πριν την έναρξη της χειρουργικής επέμβασης. Κατά την προετοιμασία του ρομποτικού συστήματος κάθε μέρος αυτού συγχρονίζεται. Τα περισσότερα ρομποτικά συστήματα σχεδιάζουν τον τρόπο εκτέλεσης της επέμβασης από πριν. Έτσι, σε αυτό το στάδιο στην οθόνη του συστήματος μπορεί να αναπαριστάται εικονικά ο τρόπος εκτέλεσής της. Με ένα CT ή MRI σαρωτή τομογράφο ο γιατρός προμηθεύεται τις απαραίτητες πληροφορίες καθώς το σύστημα χαρτογραφεί την ανατομική θέση του ασθενή στο χώρο. Παραδείγματα αυτών είναι το **HipNav**, **OptoTrak**, **VectorVision**, **SurgiGATE**, **Navitrack**, **StealthStation**, **Stryker**, και **SurgeticSystems**. Μία νέα τεχνική, που χρησιμοποιείται, είναι η ImageOverlay (Τεχνική Επαυξημένης Πραγματικότητας). Πιο συγκεκριμένα, αφορά την απεικόνιση της εικόνας που έχει δημιουργήσει ο υπολογιστής πάνω στην πραγματική εικόνα και αποτελεί ένα είδος επαυξημένης πραγματικότητας.

HipNav

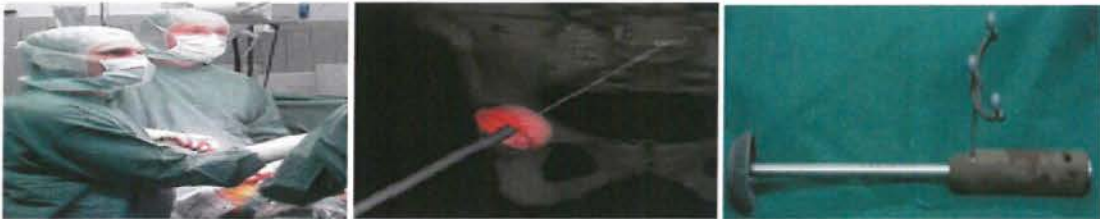
Το HipNav επιτρέπει σε ένα χειρουργό να προσδιορίσει τη βέλτιστη τοποθέτηση του εμφυτεύματος κοτύλης στον ασθενή και με ακρίβεια να επιτευχθεί κατά τη διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης. Το Hip-Nav περιλαμβάνει τρεις συνιστώσες: ένα προεγχειρητικό σχεδιασμό, έναν προσομοιωτή κίνησης, και ένα διεγχειρητικό σύστημα παρακολούθησης και καθοδήγησης. Οι στόχοι του συστήματος HipNav είναι οι εξής: 1) να μειώσει εξάρθρώσεις μετά από ολική αρθροπλαστική ισχίου 2) τον προσδιορισμό και ενδεχομένως την αύξηση του εύρους της κίνησης 3) να μειώσει τα συντρίμια φθοράς που προκύπτει από την πρόσκρουση του μηριαίου αυχένα του εμφυτεύματος με την κοτυλιαία στεφάνη 4) την τροχιά σε πραγματικό χρόνο της θέσης της πυέλου και της κοτύλης κατά τη διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης. Οι πληροφορίες αυτές θα βοηθήσουν το χειρουργό να επιτύχει πιο αξιόπιστα και με ακρίβεια την τοποθέτηση του κυαθίου κοτύλης και να

²¹Cyberknife.[Ηλεκτρονικό] <http://books.google.gr/books?id=p70afWyqcrMC&pg=PP1&dq=r+obotics+in+surgery#v=onepage&q=robotics%20in%20surgery&f=false>.

λάβει υπόψη τις ειδικές ανατομίες για μεμονωμένους ασθενείς. Το σύστημα HipNav προβλέπει μια νέα κατηγορία ερευνητικών εργαλείων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν διεγχειρητικά για να επιτρέψει στους χειρουργούς να επανεξετάσει την επικρατούσα άποψη σχετικά με το οστό και το εμφύτευμα κίνησης, το εύρος κίνησης των δοκιμών, και την «βέλτιστη» ευθυγράμμιση του κυαθίου κοτύλης.²²

Navitrak

Μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Charité Νοσοκομείο στο Βερολίνο (DE) από το 1994 μέχρι το 1997 βρέθηκε τρόπος βελτίωσης στην ακρίβεια της τοποθέτησης των κοχλιών μίσχου σε χειρουργείο σπονδυλικής στήλης. Βίδες οι οποίες δεν έχουν τοποθετηθεί καταλλήλως αυξάνουν τον κίνδυνο διαρθρωτικής επιβάρυνσης , ανεπαρκούς καθήλωσης ή ακόμα και βλάβη των νεύρων. Σύμφωνα με τη μελέτη, η χρήση του NaviTrack μειώνει τον αριθμό των απαιτούμενων επανεγχειρήσεων και πιθανών μακροπρόθεσμων ελλειμμάτων ,όπως και την ελαχιστοποίηση του κόστους τόσο για τον ασθενή όσο και για το σύστημα ιατρικής περίθαλψης . Επίσης, μπορεί να εξοπλιστεί είτε με οπτικά είτε με ηλεκτρομαγνητικά (EM) συστήματα παρακολούθησης. Δεδομένου ότι οι μαγνητικοί αισθητήρες στα συστήματα EM είναι ευαίσθητα σε σιδηρούχα υλικά που υπάρχουν στο πεδίο λειτουργίας, η χρήση των μη σιδηρούχων εργαλείων κρίνεται απαραίτητη. Προφανώς, κατά τη χρήση της οπτικής παρακολούθησης, όπου μια κάμερα καταχωρεί την κίνηση των εργαλείων , ορισμένοι line-of -sight περιορισμοί πρέπει να γίνουν αποδεκτοί . Προεγχειρητικά, η τομογραφία και η βαθμονόμηση πρέπει να γίνει για κάθε χειρουργική επέμβαση.²³



Εικ. 2.12 Σύστημα μέτρησης το οποίο καθορίζει τη θέση του οργάνου κατά τη διάρκεια μιας χειρουργικής επέμβασης

OptoTrack

²² HipNav. [Ηλεκτρονικό] http://www.ri.cmu.edu/publication_view.html?pub_id=1773.

²³ Navitrak. [Ηλεκτρονικό] http://www.sulzer.com/da/-/media/Documents/Cross_Division/STR/2001/2001_01_17_saegesser_e.pdf..

Στον τομέα της εμβιομηχανικής, τα συστήματα εντοπισμού της οπτικής κίνησης χρησιμοποιούνται για την καταγραφή της ανθρώπινης κίνησης και βοηθούν στην διεγχειρητική πλοήγηση. Πρόσφατα, τα συστήματα εντοπισμού κίνησης έχουν χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση του εμφυτεύματος και του οστού σε ένα μικρο-επίπεδο. Η παρούσα μελέτη αξιολόγησε τέσσερις διαφορετικά Optotrak® συστήματα εντοπισμού κίνησης για να καθορίσει την ακρίβεια και την επαναληψιμότητα. Η απόσταση μεταξύ των συστημάτων κάμερας και του άκαμπτου σώματος, καθώς της γωνίας κλίσης του, επηρέασε την προκύπτουσα ακρίβεια και την επαναληψιμότητα των συστημάτων κάμερας.²⁴

2.4 Συστήματα με τηλεχειρισμό-Απομακρυσμένοι χρήστες

2.4.1 Τηλεχειρισμός-Τηλεχειρουργική

Ο όρος *Τηλεχειρισμός* (Teleoperation) είναι ένας συνδυασμός της ελληνικής λέξης τηλε- (από απόσταση) και της λατινικής λέξης operatio-onis (που σημαίνει κάτι γίνεται). Έτσι, τηλεχειρισμός ονομάζεται η εκτέλεση μίας εργασίας ή μίας πράξης από απόσταση. Αν και η έννοια αυτή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για κάθε ενέργεια που μπορεί να εκτελεστεί από απόσταση, ο όρος αυτός χρησιμοποιείται συνήθως για θέματα ρομποτικής και κινουμένων ρομπότ και υποδεικνύει την οδήγηση των μηχανών αυτών από απομακρυσμένο μέρος. Στα ρομποτικά συστήματα τηλεχειρισμού εμπλέκονται αρκετά άλλα θέματα όπως η αλληλεπίδραση ανθρώπου-μηχανής, οι νόμοι κατανομής ελέγχου, οι τηλεπικοινωνίες, η προσομοίωση εργασίας, ο σχεδιασμός τροχιάς, η εικονική και επαυξημένη πραγματικότητα, η επιδέξια λαβή και ο χειρισμός αντικειμένου.

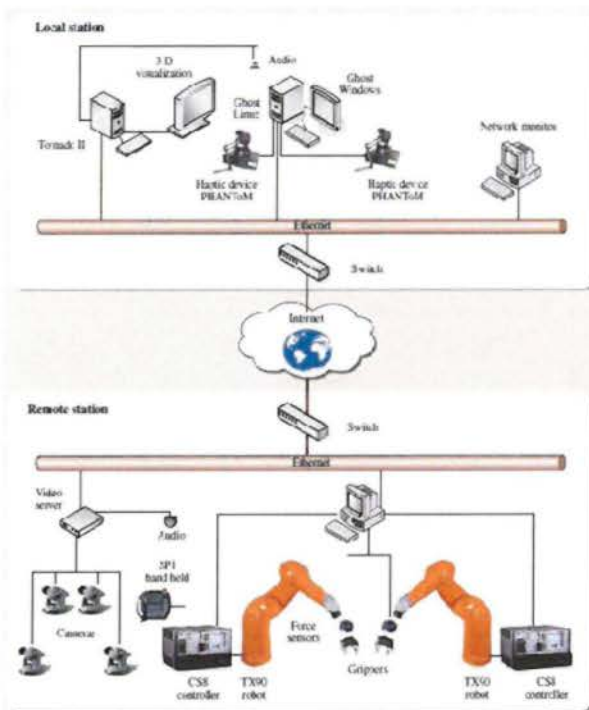
Οι απαρχές του τηλεχειρισμού μπορούν να αναχθούν στις απαρχές της ραδιοεπικοινωνίας όταν ο Νικόλα Τέσλα ανέπτυξε στις 8 Νοεμβρίου 1898 το σύστημα που μπορεί να θεωρηθεί ως η πρώτη συσκευή τηλεχειρισμού. Αυτό το επίτευγμα έχει αναφερθεί ως “Μέθοδος και Συσκευή για τον Μηχανισμό Ελέγχου για την Μετακίνηση Οχημάτων”. Ωστόσο, τα αμφίπλευρα συστήματα τηλεχειρισμού δεν εμφανίστηκαν μέχρι τα τέλη του 1940. Οι πρώτοι αμφίπλευροι χειριστές αναπτύχθηκαν για το χειρισμό ραδιενεργών υλικών. Εξαιρετικά πρωτοπόροι ήταν οι Raymond Goertz και οι συνάδελφοί του στο Εθνικό Εργαστήριο Argonne έξω από το Σικάγο, και παράλληλα ο Jean Vertut σε ένα εργαστήριο πυρηνικής μηχανικής κοντά στο Παρίσι. Οι πρώτοι μηχανισμοί ήταν μηχανικά συνδεδεμένοι και ο δευτερεύων (slave) μηχανισμός μιμούταν τις κινήσεις του κύριου (master) μηχανισμού, με τους δύο μηχανισμούς (master-slave) να παρουσιάζουν κινηματικές ομοιότητες ώστε να είναι εφικτή η διασύνδεσή τους με καθαρά μηχανικά μέσα. Το πρώτο ηλεκτρικά συζευγμένο κύριο-δευτερεύον (master-slave) σύστημα τηλεχειρισμού παρουσιάστηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1950 από τον Goertz.

Στη δεκαετία του 1960, οι εφαρμογές είχαν ήδη επεκταθεί και σε υποβρύχιο τηλεχειρισμό, όπου υποβρύχιες συσκευές έφεραν φωτογραφικές μηχανές και ο χειριστής μπορούσε να παρακολουθεί το απομακρυσμένο ρομπότ και την

²⁴OptoTrack. [Ηλεκτρονικό] <http://inderscience.metapress.com/content/a43620h8k760568g/>.

αλληλεπίδρασή του με το υποθαλάσσιο περιβάλλον. Οι απαρχές του τηλεχειρισμού σε εφαρμογές του διαστήματος χρονολογούνται περί το 1970, και σε αυτήν την εφαρμογή η παρουσία της χρονικής καθυστέρησης άρχισε να προκαλεί προβλήματα αστάθειας. Σήμερα, η τεχνολογία έχει εξελιχθεί με γιγαντιαία βήματα, έχοντας ως αποτέλεσμα καλύτερους ρομποτικούς χειριστές και ειδικότερα, τη βελτίωση των τηλεπικοινωνιακών μέσων στην ηλεκτρική μετάδοση, χρησιμοποιώντας καλώδια οπτικών ινών, ραδιοσήματα και το Internet-Διαδίκτυο, που αφαιρεί σχεδόν κάθε περιορισμό απόστασης. Οι εφαρμογές των συστημάτων τηλεχειρισμού έχουν επεκταθεί σε ένα μεγάλο φάσμα τομέων. Οι πιο ενδεικτικοί είναι το διάστημα, τα υποβρύχια, η ιατρική, και τα επικίνδυνα περιβάλλοντα («hostile» environments). Μια σύγχρονη εφαρμογή της τηλερομποτικής αποτελεί η **τηλεχειρουργική** (Telesurgery).

Με τον όρο **τηλεχειρουργική** περιγράφονται περιπτώσεις στις οποίες ο χειρουργός πραγματοποιεί την επέμβαση μπροστά σε μία κονσόλα ελέγχου μακριά από τον ασθενή. Ο όρος έχει καθαρά ελληνική προέλευση και λίγα μέτρα ή πολλά χιλιόμετρα απόστασης δεν διαφοροποιούν το είδος της πράξης. Ένα σύγχρονο σύστημα τηλεχειρισμού αποτελείται από αρκετά υποσυστήματα τα οποία συμβάλλουν ενεργά στην επίτευξη του γενικού στόχου. Παρακάτω δίνεται ως παράδειγμα το διάγραμμα ενός ρομποτικού συστήματος τηλεχειρισμού που έχει αναπτυχθεί στο Εργαστήριο Ρομποτικής από το Ινστιτούτο Βιομηχανίας και Ελέγχου του πολυτεχνείου της Καταλονίας στην Ισπανία.



Εικ. 2.13 Αρχιτεκτονική του ρομποτικού συστήματος IOC-UPC

Παραπάνω παρατηρούμε ότι το συγκεκριμένο σύστημα τηλεχειρισμού αποτελείται από ορισμένες βασικές μονάδες που παίζουν κυρίαρχο ρόλο στην επίτευξη του επιθυμητού στόχου. Ουσιαστικά παρατηρούμε δύο κύρια μπλοκ που το πρώτο περιέχει το διάγραμμα του τοπικού σταθμού από τον οποίο γίνεται η οδήγηση του ρομποτικού συστήματος με την συμβολή του χειριστή και των κύριων ρομπότ (απτικές συσκευές) και το δεύτερο το διάγραμμα του απομακρυσμένου σταθμού που

περιέχει τους βιομηχανικούς χειριστές που αποτελούν τα δευτερεύοντα ρομπότ. Το σύστημα περιέχει τα ακόλουθα βασικά υποσυστήματα: Μονάδα Απτικής Απόδοσης (hapticdisplay), Μονάδα Επαυξημένης Πραγματικότητας, Μονάδα Προσομοίωσης, Μονάδα Τοπικού Σχεδιασμού, Μονάδα Απομακρυσμένου Σχεδιασμού, Μονάδα Τηλεπικοινωνιών, Μονάδα Κωδικοποίησης Κατάστασης και Σύστημα Παρακολούθησης Δικτύου. Κατά την εξέλιξη των σύγχρονων συστημάτων τηλεχειρισμού, όπως αυτό που παρουσιάστηκε παραπάνω, εμφανίστηκαν αρκετές προκλήσεις οι οποίες απαιτούσαν την προσοχή των ερευνητών. Οι προκλήσεις αυτές αφορούν θέματα όπως:

Αλγόριθμοι Ελέγχου: Ένας αλγόριθμος ελέγχου για ένα σύστημα τηλεχειρισμού στοχεύει στην ικανοποίηση δύο χαρακτηριστικών: (α) της επονομαζόμενης «τηλεπαρουσίας» (telepresence), δηλαδή του συνολικού αισθήματος εικονικής παρουσίας του χειριστή στον απομακρυσμένο σταθμό όπου εκτελούνται οι πραγματικές εργασίες από τα τηλερομπότ (όρος που συχνά χρησιμοποιείται παράλληλα με την έννοια της «διαφάνειας» -transparency- συνολικά του μέσου τηλεχειρισμού) και (β) της ευστάθειας κατά την εκτέλεση (και τηλε-έλεγχο) της τηλερομποτικής εργασίας. Προφανώς, η ελάχιστη απαίτηση από ένα σύστημα ελέγχου είναι η διατήρηση της σταθερότητάς του ανεξάρτητα της ύπαρξης χρονικής καθυστέρησης και της αλληλεπίδρασης του χειριστή με το περιβάλλον. Ο όρος «Τηλεπαρουσία», από την άλλη, σημαίνει ότι οι πληροφορίες για το απομακρυσμένο περιβάλλον εμφανίζονται στο χειριστή με ένα φυσικό και διαισθητικό τρόπο που δίνει την αίσθηση της ύπαρξης του χειριστή στο περιβάλλον αυτό. Η καλή αίσθηση τηλεπαρουσίας συμβάλλει στην καλύτερη επιτευξιμότητα του χειρισμού από απόσταση.

Κανάλια Επικοινωνίας: Οι δίαυλοι επικοινωνίας μπορούν να ταξινομηθούν με βάση δύο κριτήρια: τη φύση του μέσου μετάδοσης και τον τρόπο λειτουργίας τους. Σύμφωνα με το πρώτο κριτήριο, δύο ομάδες μπορούν να οριστούν: φυσικά συνδεδεμένες (μηχανικά, ηλεκτρικά, οπτικά ενσύρματα, πνευματικά, και υδραυλικά) και φυσικά αποσυνδεδεμένες (ραδιοσυχνότητες και οπτικά, όπως μέσω υπερύθρων). Το δεύτερο κριτήριο περιλαμβάνει τις περιπτώσεις μηδενικής χρονικής καθυστέρησης, σταθερής χρονικής καθυστέρησης και μεταβλητής χρονικής καθυστέρησης.

Διαδραστικότητα Χειριστή-Περιβάλλοντος: Τα ανθρώπινα όντα είναι σε θέση να δέχονται πληροφορίες από τον πραγματικό κόσμο για να αλληλεπιδρούν με αυτόν. Ωστόσο, μερικές φορές, για τους σκοπούς συγκεκριμένων εφαρμογών, υπάρχει ανάγκη να αλληλεπιδρούν με συστήματα που είναι δύσκολο να οικοδομηθούν στην πραγματικότητα, λόγω της φυσικής τους συμπεριφοράς, των άγνωστων χαρακτηριστικών τους ή άλλων περιορισμών. Ως εκ τούτου, προκειμένου να επιτραπεί η καλύτερη ανθρώπινη αλληλεπίδραση με τέτοια συστήματα, τα οποία ολικώς ή μερικώς δεν υφίστανται στον πραγματικό φυσικό κόσμο, καθώς και η κατανόησή τους, έχουν ερευνηθεί τα τελευταία χρόνια νέα πεδία που σχετίζονται με έννοιες, όπως της εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας.

Βοηθήματα Τηλεχειρισμού: Μερικά από τα προβλήματα που προκύπτουν σε συστήματα τηλεχειρισμού, όπως η ύπαρξη ενός μη δομημένου περιβάλλοντος, οι χρονικές καθυστερήσεις στην επικοινωνία, η αβεβαιότητα ως προς τις κινήσεις και τη δυναμική συμπεριφορά του ανθρώπου χειριστή, και η επικινδυνότητα του απομακρυσμένου περιβάλλοντος, μεταξύ άλλων, μπορούν να μειωθούν με τη χρήση

βοηθημάτων τηλεχειρισμού. Μεταξύ των βοηθημάτων τηλεχειρισμού με στόχο να μειωθεί η ανθρώπινη αβεβαιότητα του χειριστή, μπορεί κανείς να επισημάνει εικονικά εξαρτήματα (virtual fixtures) για την καθοδήγηση της κίνησης, τα οποία έχουν πρόσφατα προστεθεί στην τηλεχειρουργική, ώστε να βελτιωθεί η επαναληψιμότητα του χειρουργού και να μειωθεί η κούρασή του.



Εικ. 2.14 Τηλεχειρισμός-Τηλεχειρουργική

Επιδέξιος Τηλεχειρισμός: Μια συχνή δράση σε ρομποτικές εφαρμογές είναι η λαβή (grasping) ενός αντικειμένου. Ο τρόπος λαβής ενός αντικειμένου μπορεί συχνά να απασχολήσει εργασίες τηλεχειρισμού όπως η διαχείριση επικίνδυνων υλικών, η διάσωση, η παροχή βοήθειας, και η εξερεύνηση. Τα πεδία εφαρμογής της συγκεκριμένης ρομποτικής τεχνολογίας ποικίλουν. Οι παραπάνω εφαρμογές βρίσκουν αντίκτυπο στη βιομηχανία (στον τομέα της συναρμολόγησης), στην εξόρυξη μετάλλων, στον υποθαλάσσιο κόσμο, στο διάστημα και στο χειρουργείο. Υπάρχουν δύο λόγοι για τη χρήση του τηλεχειρισμού στο χειρουργικό πεδίο. Η πρώτη είναι η βελτίωση ή επέκταση των ικανοτήτων του χειρουργού, καθώς οι κινήσεις του μεταφέρονται στον απομακρυσμένο σταθμό, αυξάνοντας για παράδειγμα το εύρος της θέσης και της κίνησης του χειρουργικού εργαλείου (κλιμάκωση κίνησης), ή την εφαρμογή πολύ ακριβών μικρών δυνάμεων χωρίς ταλαντώσεις. Αυτό έχει συμβάλει σημαντικά σε σημαντικές προόδους στον τομέα της μικροχειρουργικής, καθώς και στην ανάπτυξη των ελάχιστα επεμβατικών ρομποτικών χειρουργικών (EEX- Ελάχιστα Επεμβατική Χειρουργική) τεχνικών.

Χρησιμοποιώντας συστήματα τηλεχειρισμού, οι χειρουργικές επεμβάσεις είναι πιο γρήγορες και οι ασθενείς υποφέρουν λιγότερο σε σχέση με την κανονική προσέγγιση, ενώ επιτυγχάνεται, επίσης, η ταχύτερη αποκατάστασή τους. Ο δεύτερος λόγος είναι για την αξιοποίηση της εμπειρογνομosύνης και της επιδεξιότητας ενός έμπειρου χειρουργού σε όλο τον κόσμο, αποφεύγοντας περιττά ταξίδια και εξοικονομώντας χρόνο, κόστος και ανθρώπινη ενέργεια.

Κανονικά, τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στην EEX δεν έχουν περισσότερους από τέσσερις βαθμούς ελευθερίας, χάνοντας έτσι την ικανότητα ο χειρουργός να προσανατολίσει το άκρο του οργάνου ελεύθερα, αν και εξειδικευμένοι εξοπλισμοί, όπως το σύστημα DaVinci ενσωματώνουν ήδη έναν καρπό τριών βαθμών ελευθερίας κοντά στο άκρο του οργάνου που κάνει όλο το σύστημα να επωφελείται από επτά βαθμούς ελευθερίας. Για να εκτελεστεί μία λειτουργία απαιτούνται τουλάχιστον τρία χειρουργικά εργαλεία (ο συνήθης αριθμός είναι τέσσερις): το ένα

είναι ένα ενδοσκόπιο που παρέχει ανατροφοδότηση της εικόνας-βίντεο και τα άλλα δύο είναι αρπάγες ή ψαλίδι με λειτουργία ηλεκτρικού νυστεριού, τα οποία θα πρέπει να παρέχουν και απτική ανάδραση.

Αξιοσημείωτα παραδείγματα αυτών είναι το σύστημα Zeus και το χειρουργικό ρομπότ DaVinci.²⁵

2.4.2 Zeus

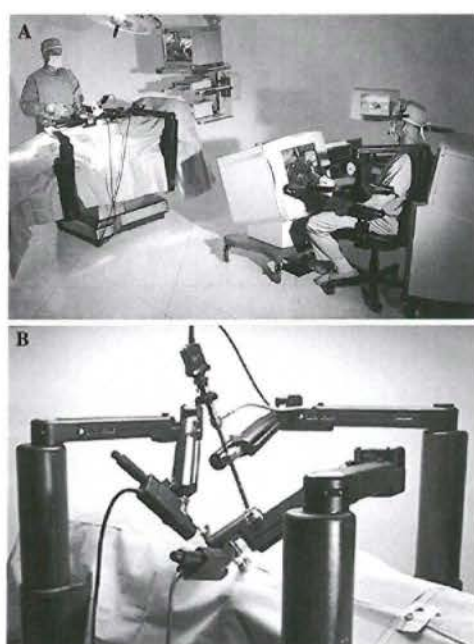
Το ρομποτικό σύστημα Zeus κατασκευάστηκε το 1995 από την εταιρεία ComputerMotionInc. και βασίστηκε πάνω στην τεχνολογία του συστήματος AESOP. Αποτελείται από την εργονομικά σχεδιασμένη κονσόλα ελέγχου του χειρουργού, τρεις ρομποτικούς βραχίονες προσαρμοσμένους πάνω στο χειρουργικό τραπέζι και έναν υπολογιστή-ελεγκτή. Ο κεντρικός βραχίονας καθοδηγεί το ενδοσκόπιο μέσα στο σώμα του ασθενούς με τη βοήθεια φωνητικών εντολών από τον χειρουργό, παρέχοντας έτσι τη δυνατότητα στον τελευταίο να έχει κατά προτίμηση δισδιάστατη ή τρισδιάστατη, σταθερή και μεγενθυμένη εικόνα του χειρουργικού πεδίου. Ο έλεγχος των δύο άλλων ρομποτικών βραχιόνων, του αριστερού και δεξιού, γίνεται από τον χειρουργό με τη χρήση ειδικών μοχλών στην κεντρική κονσόλα, οι κινήσεις των οποίων “μεταφράζονται” τελικά σε κινήσεις των χειρουργικών εργαλείων στις άκρες των δύο αυτών βραχιόνων. Η ικανότητα του συστήματος να φιλτράρει ψηφιακά τον τρόπο στα χέρια του χειρουργού και να κλιμακώνει ανάλογα τις κινήσεις στα χειριστήρια της κονσόλας ελέγχου σε μικροκινήσεις μέσα στο σώμα του ασθενούς, έδωσε τη δυνατότητα για την εκτέλεση επεμβάσεων μικροχειρουργικής με μεγαλύτερη σταθερότητα και αξιοπιστία. Αυτός ήταν και ο λόγος που το συσχεκκριμένο σύστημα χρησιμοποιήθηκε αρχικά σε επεμβάσεις καρδιοχειρουργικής, για την εκτέλεση στεφανιαίας παράκαμψης, τη λήψη της εσωτερικής μαστικής αρτηρίας κ.λ.π. Επιπλέον, σε συνδυασμό με το σύστημα SOCRATES, το Zeus προσφέρει επέκταση των δυνατοτήτων του, όπως π.χ. τηλεκαθοδήγηση, τηλεεποπτεία κ.ά.

Μετά το 2000 το ρομποτικό σύστημα Zeus ενσωμάτωσε τη νέα τεχνολογία MicroWrist της ComputerMotion, η οποία περιελάμβανε μία ολόκληρη σειρά χειρουργικών εργαλείων και οργάνων για χρήσεις ενδοσκοπικής χειρουργικής. Η τεχνολογία MicroWrist προέβλεπε έξι βαθμούς ελευθερίας, γεγονός που αύξησε την επιδεξιότητα των χειρουργών αφού τους επέτρεπε να εκτελούν ένα ευρύ φάσμα κινήσεων, ανάλογων του ανθρώπινου χεριού, μέσα στο σώμα του ασθενούς (το χέρι του ανθρώπου χαρακτηρίζεται από επτά βαθμούς ελευθερίας). Τα χειρουργικά εργαλεία ήταν ειδικά σχεδιασμένα για να ανταποκρίνονται στο ιδιαίτερο περιβάλλον μίας χειρουργικής αίθουσας. Είχαν διάμετρο από 3.5 έως 5 mm μόλις, ήταν ανθεκτικά, επαναχρησιμοποιήσιμα ενώ η αποστείρωσή τους και η εναλλαγή τους κατά τη διάρκεια μίας επέμβασης γίνονταν εύκολα. Η σειρά περιελάμβανε συνολικά περισσότερα από 40 συμβατά με το σύστημα Zeus χειρουργικά εργαλεία σε μία μεγάλη ποικιλία αξονικών διαμέτρων, από καθιερωμένες εταιρείες του χώρου όπως οι Scanlan, Storz και USSurgical

²⁵Τηλεχειρισμός-Τηλεχειρουργική. [Ηλεκτρονικό]

<http://telerobotics.gsfc.nasa.gov/papers/BasanezSuarez2009.pdf>.

Το σχετικά μικρό του βάρος επέτρεπε τη γρήγορη εγκατάσταση του χειρουργικού συστήματος Zeus, ενώ ιδιαίτερα μικρός ήταν και ο χρόνος της προετοιμασίας που αυτό απαιτούσε πριν από κάθε επέμβαση, μικρότερος από 15 λεπτά. Το ρεπερτόριο των φωνητικών εντολών που χρησιμοποιούσε ο χειρουργός ήταν περιορισμένο για την αποφυγή λαθών και ανεκτικό στο θόρυβο της χειρουργικής αίθουσας. Στην περίπτωση επιτυχημένης φωνητικής εντολής από τον χειρουργό προβλεπόταν φωνητική και οπτική ανάδραση πίσω σε αυτόν. Ένα πεντάλ ποδιού στην κονσόλα ελέγχου έδινε τη δυνατότητα στον χειρουργό να απομπλέκει το σύστημα όποτε αυτός ένιωθε την ανάγκη να ξεκουραστεί ή ήθελε να τοποθετήσει διαφορετικά τα χέρια του. Το ρομποτικό σύστημα Zeus παρείχε επίσης και τη δυνατότητα αποθήκευσης της εκάστοτε θέσης του ενδοσκοπίου (συντεταγμένες x,y,z), στην οποία μπορούσε αυτό να επιστρέψει εύκολα και γρήγορα οποιαδήποτε στιγμή.



Εικ. 2.15 Ρομποτικό χειρουργικό σύστημα Zeus

Η πρώτη δοκιμή του συστήματος πραγματοποιήθηκε το 1996 σε ένα πειραματόζωο, ενώ το 1998 ο Dr. Frank Damiano πραγματοποίησε την πρώτη αναστόμωση σάλπιγγας στις Η.Π.Α. με χρήση του συστήματος Zeus. Στις 24 Σεπτεμβρίου 1999 ο Dr. Douglas Boyd του LHSC (London Health Sciences Centre) του Πανεπιστημίου του Δυτικού Οντάριο στο Λονδίνο του Καναδά εκτέλεσε την πρώτη παγκόσμια χειρουργική επέμβαση αορτοστεφανιαίας παράκαμψης κλειστού θώρακα με παλλόμενη καρδιά στον 60χρονο αγρότη John Penner. Έκτοτε το ρομποτικό σύστημα Zeus έχει βρει εφαρμογή σε ένα ευρύ φάσμα χειρουργικών ειδικοτήτων που περιλαμβάνουν την καρδιοχειρουργική, τη γενική χειρουργική, τη χειρουργική κατά της νοσογόνου παχυσαρκίας (βαριατρική), την ουρολογία, τη νευροχειρουργική και άλλες ειδικότητες. Το σύστημα έλαβε την έγκριση της FDA το 2001 ενώ είναι

πιστοποιημένο και κατά CE για την κυκλοφορία του στην ευρωπαϊκή αγορά. Το κόστος του πλησιάζει το ένα εκατομμύριο δολάρια.²⁶²⁷

2.4.3 DaVinci

Το ρομποτικό σύστημα DaVinci δημιουργήθηκε από την εταιρεία IntuitiveSurgical το 1995. Αποτελεί το πρώτο και μοναδικό αυτή τη στιγμή στον κόσμο σύστημα ρομποτικής χειρουργικής που πραγματοποιεί εγχειρήσεις με την ελάχιστη δυνατή επέμβαση στον οργανισμό του ασθενούς..



Εικ. 2.16 Το ρομποτικό χειρουργικό σύστημα DaVinci

Το σύστημα DaVinci αποτελείται από πέντε βασικά εξαρτήματα:

- την εργονομικά σχεδιασμένη ρομποτική κονσόλα
- το τροχήλατο των ρομποτικών βραχιόνων
- τα ειδικά ενδοσκοπικά ρομποτικά εργαλεία EndoWrist

²⁶Zeus. [Ηλεκτρονικό] <http://static.cjp.com/gems/pdfs/2001-6866.pdf>.

²⁷Zeus. [Ηλεκτρονικό] <http://library.thinkquest.org/03oct/00760/Zeus%20System.htm>.

- τον ενδοσκοπικό πύργο
- το υψηλών προδιαγραφών σύστημα όρασης InSiteVisionSystem

2.4.3.1 Ρομποτική κονσόλα

Ο χειρουργός ελέγχει το όλο ρομποτικό σύστημα μέσω της ρομποτικής κονσόλας και χειρουργεί ενώ κάθεται αναπαυτικά έχοντας μπροστά του μια τρισδιάστατη εικόνα του χειρουργικού πεδίου μεγεθυμένη μέχρι και 15 φορές. Η κονσόλα διαθέτει στο πάνω μέρος τις ειδικές χειρολαβές, όπου ο χειρουργός τοποθετεί τα δάχτυλα του και κινεί τους ειδικούς μοχλούς, που δίνουν εντολή στους χειρουργικούς βραχίονες του ρομπότ, και στο κάτω μέρος ποδοδιακόπτες, για το συντονισμό των διαφόρων κινήσεων, για τη χρήση της διαθερμίας, την κίνηση της κάμερας και την εστίαση της οπτικής. Κάθε κίνηση του χεριού, του καρπού και των δαχτύλων του χειρουργού μετατρέπεται με απόλυτη ακρίβεια και σταθερότητα από το ρομποτικό σύστημα σε κινήσεις πραγματικού χρόνου από τους χειρουργικούς βραχίονες μέσα στο χειρουργικό πεδίο.



Εικ. 2.17 Ρομποτική κονσόλα DaVinci

2.4.3.2 Τροχήλατο

Το τροχήλατο των ρομποτικών βραχιόνων διαθέτει 3 ή 4 βραχίονες - έναν για το ενδοσκόπιο (την κάμερα δηλαδή) και 2 ή 3 για τα ενδοσκοπικά εργαλεία - τα οποία χειρίζεται ο χειρουργός. Το τροχήλατο σύρεται και τοποθετείται δίπλα στον ασθενή, λίγα μέτρα μακριά από την κονσόλα του χειρουργού.



Εικ. 2.18 Τροχήλατο των ρομποτικών βραχιόνων

2.4.3.3 EndoWrist

Τα ειδικά ενδοσκοπικά ρομποτικά εργαλεία τύπου EndoWrist διαθέτουν 7 βαθμούς ελευθερίας κινήσεων και μιμούνται την ευκινησία του ανθρώπινου χεριού και καρπού, γι' αυτό ονομάστηκαν και Endo-Wrist (Ενδο-Καρπός). Κάθε εργαλείο έχει μια ειδική χειρουργική αποστολή, όπως να συλλαμβάνει, να ράβει, να κόβει, να χειρίζεται τους ιστούς κ.λπ. Κατά τη διάρκεια της επέμβασης είναι δυνατή η ταχύτητη αλλαγή των εργαλείων για την ιδανική διενέργεια της ρομποτικής επέμβασης. Τα ενδοσκοπικά εργαλεία, τα οποία είναι συνδεδεμένα με τους ρομποτικούς βραχιόνες, εισάγονται μέσα από μικροτομές, λίγων χιλιοστών στο σώμα του ασθενούς. Επειδή τα ενδοσκοπικά εργαλεία στηρίζονται στους ρομποτικούς βραχιόνες, δε χρησιμοποιούν το σημείο εισόδου στο σώμα του ασθενούς ως υπομόχλιο και έτσι αποφεύγεται η βλάβη των ιστών στο σημείο εισόδου των

εργαλείων, γεγονός όμως το οποίο κατα κανόνα συμβαίνει στην παραδοσιακή λαπαροσκοπική χειρουργική.



Εικ. 2.19 Ρομποτικό εργαλείο τύπου EndoWrist

2.4.3.4 Ενδοσκοπικός πύργος

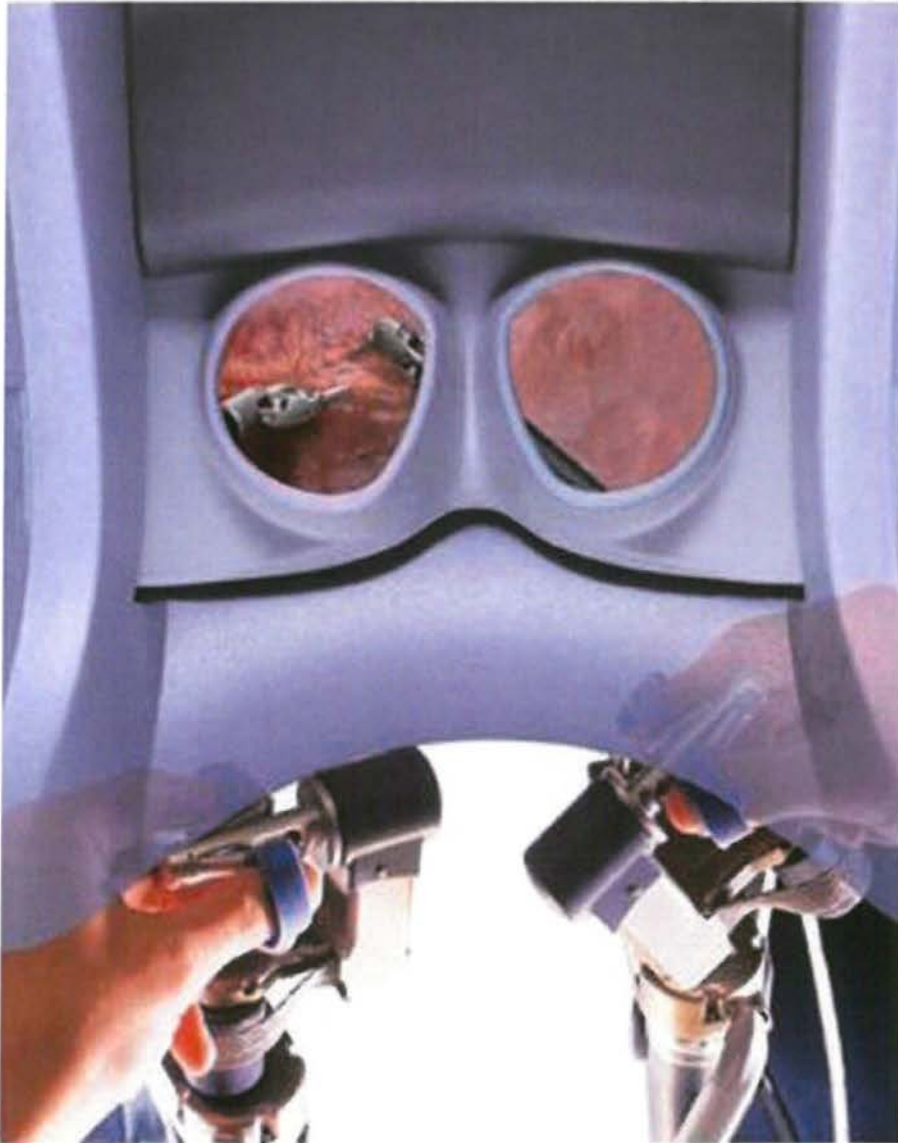
Ο ενδοσκοπικός πύργος περιλαμβάνει μια μεγάλη οθόνη υψηλής ευκρίνειας, δύο βιντεοκάμερες, σύστημα αυτόματης ρύθμισης της εικόνας, συσκευή ψυχρού φωτισμού, συσκευή διαθερμίας, σύστημα φωνητικής επικοινωνίας μέσω μεγαφώνων του χειρουργού με το βοηθό του και την εργαλειοδότρια νοσοκόμα και άλλες χρήσιμες λαπαροσκοπικές συσκευές.



Εικ. 2.20 Ενδοσκοπικός πύργος

2.4.3.5 Σύστημα όρασης InSite

Το σύστημα όρασης InSite με το υψηλής ευκρίνειας τρισδιάστατο ενδοσκόπιο και τους σύγχρονους επεξεργαστές εικόνας προσφέρει μια αληθινή τρισδιάστατη απεικόνιση του χειρουργικού πεδίου. Η ρομποτική κονσόλα διαθέτει ένα σύστημα φακών τρισδιάστατης απεικόνισης, το οποίο μεγεθύνει το χειρουργικό πεδίο μέχρι και 15 φορές. Με την κάμερα μπορεί ο χειρουργός να πλησιάσει πιο κοντά στο σημείο της επέμβασης από ότι επιτρέπει η ανθρώπινη όραση και έτσι να εργαστεί σε μικρότερη κλίμακα από ότι επιτρέπει η συμβατική χειρουργική.



Εικ. 2.21 Σύστημα όρασης InSite και τηλεχειριστήρια ρομποτικών βραχιόνων

Το σύστημα DaVinci είναι εξοπλισμένο με ειδικά όργανα που εξασφαλίζουν στο χειρουργό ένα είδος αίσθησης που πλησιάζει πολύ την πραγματική αίσθηση της αφής. Αυτή η αίσθηση γίνεται εντονότερη με την ευκρινέστερη όραση που προσφέρει η υψηλή ανάλυση της τρισδιάστατης εικόνας. Συνεπώς το χειρουργικό ρομπότ DaVinci πολλαπλασιάζει και βελτιστοποιεί την αίσθηση της πραγματικότητας, τη δεξιοτεχνία, τη λεπτότητα και την ακρίβεια των χειρισμών του χειρουργού, κάνοντας τις επεμβάσεις πιο ακριβείς, πιο ασφαλείς, πιο αποτελεσματικές και ακόμα λιγότερο επεμβατικές για τον ασθενή.²⁸

²⁸Ρομποτική χειρουργική - Σύστημα Da Vinci. [Ηλεκτρονικό]
<http://www.biomed.ntua.gr/Portals/1/askhsh%204.pdf>.

2.4.3.6 Οι εκδόσεις DaVinciS^{HD} και DaVinciSi^{HD}

Το daVinci S^{HD} αποτελεί μία αρκετά βελτιωμένη έκδοση του ρομποτικού συστήματος daVinci. Τα νέα χαρακτηριστικά που αυτό υιοθετεί σε σχέση με την αρχική έκδοση του συστήματος περιλαμβάνουν:

- Σύστημα απaráμιλλης τρισδιάστατης οπτικής απεικόνισης υψηλής ευκρίνειας (highdefinition) με διπλάσια ανάλυση, που παρέχει βελτιωμένη καθαρότητα και λεπτομερή απεικόνιση των επιπέδων των ιστών και της ανατομίας, και λόγω πανοραμικής θέασης 16:9 που προσφέρει 20% μεγαλύτερη περιοχή θέασης. Το σύστημα περιλαμβάνει επίσης δυνατότητα ψηφιακού zoom για την ελάττωση της παρεμβολής μεταξύ του ενδοσκοπίου και των εργαλείων και εμπλουτίζεται με ενδοσκόπια stereo 0 ° και 30 °. Παρέχει δυνατότητα μεγένθυσης του χειρουργικού πεδίου έως και 15 φορές.
- Βελτιωμένη επιδεξιότητα και ακρίβεια, χάρη στην τεχνολογία IntuitiveMovement, για πιο ακριβή έλεγχο των EndoWrist εργαλείων με τις άκρες των δακτύλων και λεπτότερους, τηλεσκοπικούς βραχίονες εργαλείων που εξασφαλίζουν καλύτερη πρόσβαση στον ασθενή μέσω των μικροτομών στο σώμα του.
- Ανώτερη εργονομία για μεγαλύτερη άνεση στη στάση του χειρουργού και βέλτιστη ευθυγράμμιση των χεριών και των ματιών του.
- Γρήγορη και ασφαλή προετοιμασία του συστήματος πριν από την επέμβαση, με ταχύτερη και ελεγχόμενη πρόσβαση αυτού στον ασθενή και μηχανοκίνητο φορείο δίπλα στον ασθενή. Το σύστημα περιλαμβάνει επίσης σύνδεση οπτικής ίνας υψηλής ταχύτητας και αποστειρωμένους αντάπτορες μίας χρήσης.
- Υιοθέτηση τέταρτου ρομποτικού βραχίονα για απλούστευση της χειρουργικής επέμβασης (SoloSurgery).
- Νέο εξελιγμένο interface χρήστη που περιλαμβάνει ολοκληρωμένο monitor με οθόνη αφής, οθόνη τεχνολογίας TilePro πολλαπλών εισόδων για την παρουσίαση κρίσιμων πληροφοριών του ασθενούς, LED και εικονίδια κατάστασης, καθώς και εργαλεία telestration για βελτιωμένη εποπτεία και επικοινωνία της χειρουργικής ομάδας. Η οθόνη TilePro επιτρέπει στο χειρουργό και την υπόλοιπη ομάδα να βλέπουν τρισδιάστατο βίντεο του χειρουργικού πεδίου μαζί με δύο επιπρόσθετες πηγές βίντεο, όπως είναι π.χ. οι υπέρηχοι και το ηλεκτροκαρδιογράφημα.



Εικ. 2.22 Da Vinci Si^{HD}

Τον Απρίλιο του 2009 πραγματοποιήθηκε η παρουσίαση του νέου βελτιωμένου ρομποτικού συστήματος Da Vinci Si^{HD} που αποτελεί την πιο πρόσφατη προσθήκη στη γραμμή προϊόντων της σειράς Da Vinci. Η έκδοση αυτή υιοθετεί αρκετά νέα χαρακτηριστικά, διατηρώντας όμως παράλληλα τη βασική τεχνολογία των προηγούμενων εκδόσεων.

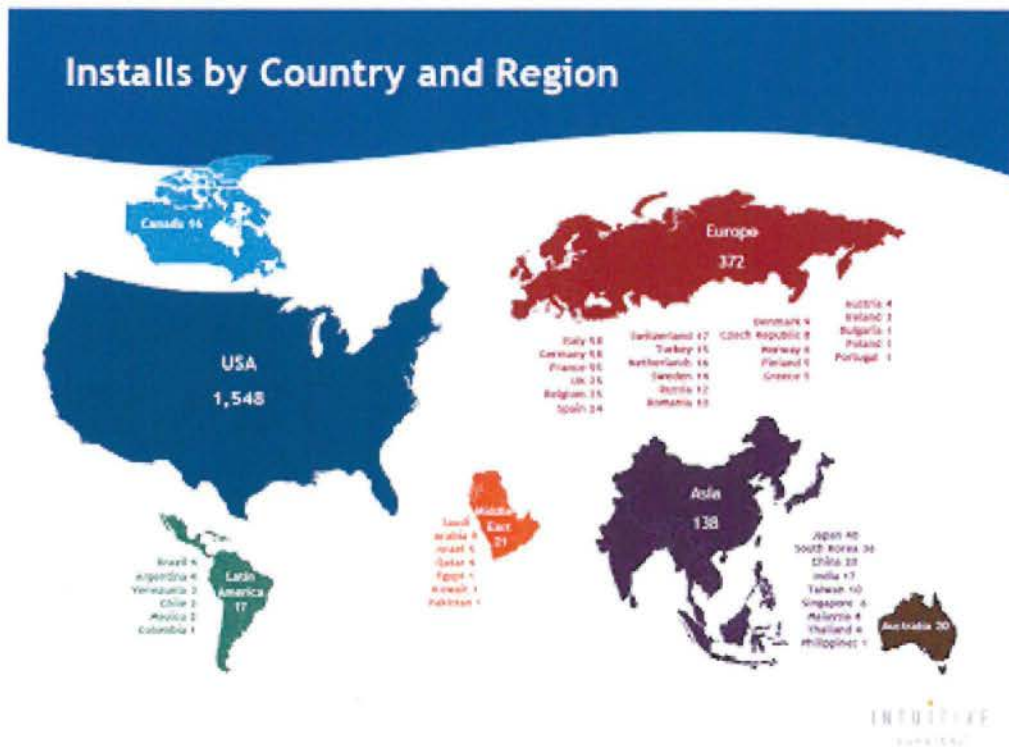
- Το σύστημα τρισδιάστατης απεικόνισης χρησιμοποιεί δύο ξεχωριστά οπτικά κανάλια υψηλής ευκρίνειας, τα οποία συγχωνεύονται μεταξύ τους για να αποδώσουν με ιδιαίτερα υψηλή ακρίβεια την αντίληψη του βάθους.
- Μία ολοκληρωμένη κονσόλα αφής (touchpad) δίνει στο χειρουργό τη δυνατότητα να ελέγχει τις ρυθμίσεις του βίντεο, του ήχου και του συστήματος.
- Η κονσόλα του χειρουργού έχει αναβαθμιστεί εργονομικά, επιτρέποντάς του να ρυθμίζει κατά βούληση τέσσερις διαφορετικές παραμέτρους για επιπλέον άνεση κατά τη διάρκεια πολύωρων χειρουργικών επεμβάσεων.
- Υπάρχει προαιρετικά η δυνατότητα να προσαρτηθεί στο σύστημα και δεύτερη κονσόλα χειρουργού. Με τον τρόπο αυτό δίνεται η δυνατότητα σε δύο χειρουργούς να συνεργάζονται ή να επικοινωνούν κατά τη διάρκεια μίας επέμβασης ή πρακτικής εξάσκησης, ανταλλάσσοντας μεταξύ τους τον έλεγχο των ρομποτικών
- Στο σύστημα όρασης έχει ενσωματωθεί η δυνατότητα ανάρτησης στο ταβάνι με σκοπό την εξοικονόμηση πολύτιμου χώρου μέσα στη χειρουργική αίθουσα.
- Η επεκτασιμότητα της αρχιτεκτονικής του συστήματος διασφαλίζει την αναβάθμιση και τη συμβατότητα με τη σύγχρονη και μελλοντική τεχνολογία της χειρουργικής αίθουσας.²⁹

²⁹ Εκδόσεις Da Vinci. [Ηλεκτρονικό]

http://www.intuitivesurgical.com/products/davinci_surgical_system/davinci_surgical_system_si.



Εικ. 2.23 Da Vinci Si^{HD}



Εικ. 2.24 Παγκόσμιος αριθμός εγκατεστημένων μονάδων Da Vinci³⁰

³⁰ Παγκόσμιος αριθμός εγκατεστημένων μονάδων Da Vinci. [Ηλεκτρονικό]
http://g.foolcdn.com/editorial/images/71517/isrginstalls_large.png.

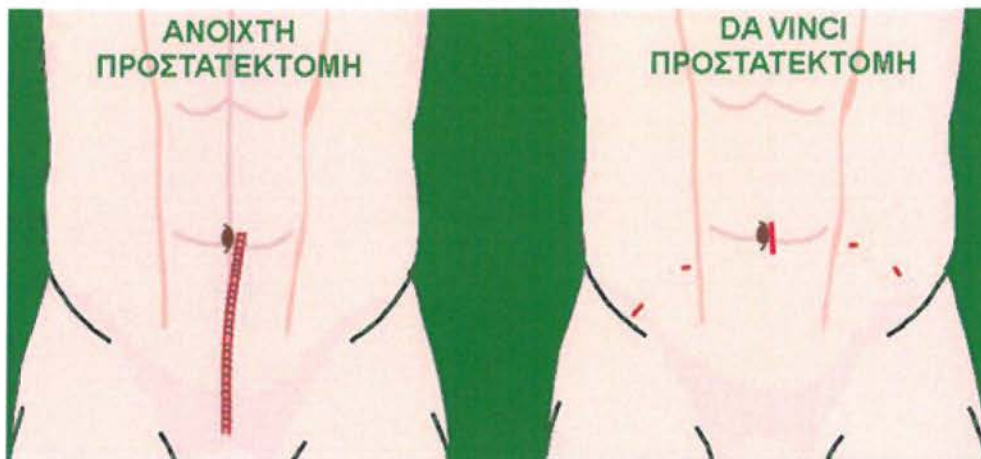
2.4.4 Κλινικές εφαρμογές του συστήματος daVinci

Το ρομποτικό σύστημα DaVinci αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο που διευκολύνει το έργο του χειρουργού και δημιουργεί τις προϋποθέσεις για πιο ανώδυνες επεμβάσεις. Είναι εγκεκριμένο από το FDA (Food & Drug Administration, U.S.A.) και αποτελεί το πρώτο και μοναδικό αυτή τη στιγμή στον κόσμο Σύστημα Ρομποτικής Χειρουργικής που πραγματοποιεί όλο το φάσμα των λαπαροσκοπικών εγχειρήσεων, καθώς και μεγάλο αριθμό των συμβατικών επεμβάσεων. Η ρομποτική χειρουργική εφαρμόζεται σε πλήθος χειρουργικών επεμβάσεων, στις ειδικότητες:

- Γενική χειρουργική
- Γυναικολογία
- Ουρολογία
- Καρδιοχειρουργική
- Χειρουργική ενδοκρινών αδένων³¹

2.4.4.1 Ριζική Προστατεκτομή

Η daVinci Προστατεκτομή είναι η νούμερο 1 επιλογή για την θεραπεία του εντοπισμένου καρκίνου του προστάτη στις ΗΠΑ. Σήμερα (Απρίλιος του 2010) περισσότεροι από 80% των ασθενών που χειρουργούνται για καρκίνο του προστάτη στις ΗΠΑ υποβάλλονται σε ρομποτική προστατεκτομή. Χάρη στην αλματώδη ανάπτυξη της χειρουργικής τεχνολογίας είναι δυνατή η ευρεία εφαρμογή και προσφορά της ελάχιστα επεμβατικής προοπτικής για την ριζική προστατεκτομή – την daVinci Ριζική Προστατεκτομή.



Εικ. 2.25 Είναι πια πραγματικότητα μεγάλες χειρουργικές επεμβάσεις να εκτελούνται μέσω μικρών οπών. Η διαφορά ανάμεσα στη ανοιχτή και ρομποτική ριζική προστατεκτομή. Ανώδυνη και ελάχιστα τραυματική προσέγγιση!

³¹Κλινικές εφαρμογές του συστήματος Da Vinci. [Ηλεκτρονικό]
<http://www.biomed.ntua.gr/Portals/1/askhsh%204.pdf>.

Είναι μια πραγματικότητα μεγάλες και πολύπλοκες χειρουργικές επεμβάσεις να εκτελούνται μέσω μικρών οπών (μικροσκοπικών τομών). Έτσι εξασφαλίζονται τα πλεονεκτήματα της οριστικής και πλήρους θεραπείας με την δυνατότητα για σημαντικά λιγότερο πόνο, συντομότερη παραμονή στο νοσοκομείο και γρηγορότερη επιστροφή στις καθημερινές δραστηριότητες καθώς και το σπουδαιότερο την δυνατότητα για καλύτερα κλινικά αποτελέσματα.

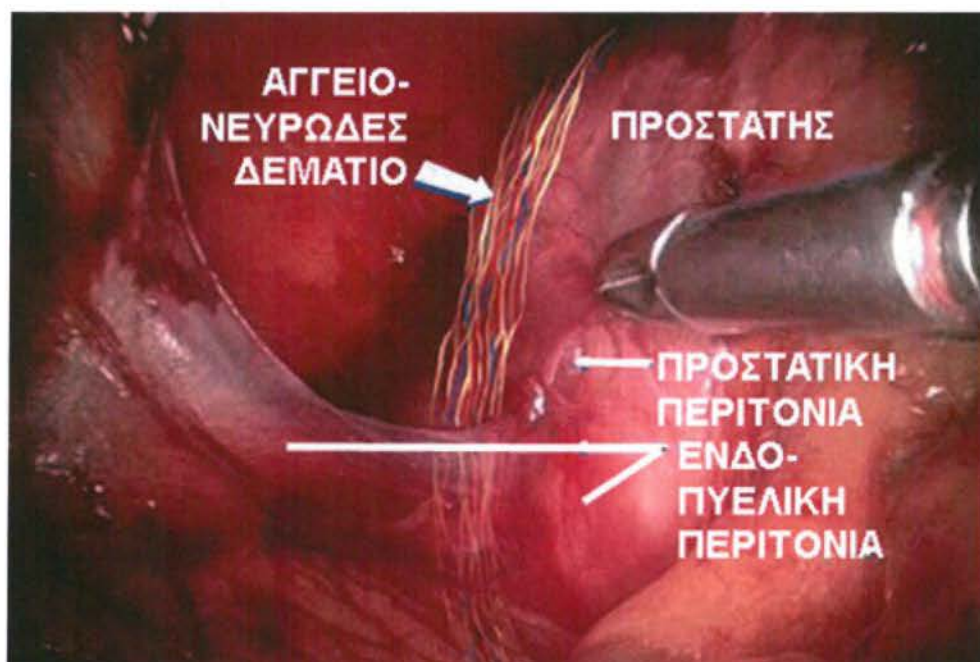
Στην θεραπεία του καρκίνου του προστάτη η χειρουργική εργασία στην κλίμακα του χιλιοστού κάνει την διαφορά. Πρόκειται για μικροχειρουργική. Λεπτότητες νευρικές ίνες και αιμοφόρα αγγεία είναι σ' επαφή με τον προστάτη. Για να διατηρηθούν αυτά τα νεύρα πρέπει μ' ακρίβεια και "μαστοριά" να ξεχωριστούν από τον προστάτη πριν την ριζική αφαίρεσή του. Η ακρίβεια των χειρισμών, η δυνατότητα να υπάρχουν μέσα στην κλειστή κοιλιά του ασθενούς δύο μικροσκοπικά χεράκια που εκτελούν με την ίδια και μεγαλύτερη ευλυγισία και ελευθερία τις κινήσεις του ανθρώπινου καρπού, η μεγεθυμένη και τρισδιάστατη εικόνα και ο έλεγχος που παρέχει το ρομποτικό σύστημα daVinci συμβάλει στην αφαίρεση του προστάτη, που έχει προσβληθεί από καρκίνο, διατηρώντας ταυτόχρονα τα σπουδαία στυτικά νεύρα και αιμοφόρα αγγεία.

Σχετικά με τον έλεγχο του καρκίνου η daVinci προστατεκτομή εμφανίζει παρόμοια ή και λιγότερα θετικά χειρουργικά όρια (εννοώντας όρια με καρκινικά κύτταρα που πιθανόν να έμειναν πίσω) σε σύγκριση μ' άλλες μορφές χειρουργικής θεραπείας όπως αποδεικνύεται σε μεγάλες συγκριτικές μελέτες.

Οι ασθενείς με καρκίνο του προστάτη ανησυχούν επίσης για την εγκράτεια των ούρων και την σεξουαλική λειτουργία μετά την θεραπεία. Όλες οι μέχρι τώρα μεγάλες μελέτες δείχνουν ότι η daVinci προστατεκτομή παρουσιάζει γρηγορότερη επάνοδο της εγκράτειας των ούρων και χαμηλότερα ποσοστά πόνου σε σύγκριση με τους ασθενείς που υποβλήθηκαν σε ακτινοθεραπεία (βραχυθεραπεία). Διάφορες επίσης μελέτες δείχνουν ότι οι ασθενείς που ήταν προηγουμένως σεξουαλικά ικανοί παρουσιάζουν πλήρη ανάρρωση της σεξουαλικής τους λειτουργίας (οριζόμενη σαν στύση ικανή για κολπική διείσδυση) μέσα σ' ένα έτος από την daVinci προστατεκτομή. Η περίοδος ανάρρωσης μπορεί να επιταχυνθεί μέσω ενός ειδικού προγράμματος ανάρρωσης της στυτικής λειτουργίας με την χρήση ασκήσεων και φαρμάκων. Είναι σημαντικό να υπογραμμισθεί ότι η επέμβαση με το daVinci δεν εκτελείται από το ρομπότ αλλά ο χειρουργός έχει πάντα τον απόλυτο έλεγχο κάθε χειρουργικού βήματος με την βοήθεια της ρομποτικής χειρουργικής πλατφόρμας.

Πως εκτελείται η daVinci Ριζική Προστατεκτομή;

Η ρομποτική ριζική προστατεκτομή εκτελείται υπό γενική αναισθησία. Αν και ο χειρουργικός χρόνος διαφέρει από ασθενή σε ασθενή, ο μέσος όρος χειρουργικού χρόνου κυμαίνεται από 1,5 έως 3 ώρες. Κατά την ρομποτική προστατεκτομή 5 μικρές σπές μικρότερες του ενός εκατοστού πραγματοποιούνται στην κάτω κοιλιά μέσα από τις οποίες περνούν ειδικοί σωληνίσκοι (τα λεγόμενα τροκάρ) οι οποίες επιτρέπουν την ταχεία είσοδο και έξοδο των λαπαροσκοπικών και ρομποτικών εργαλείων στο εσωτερικό της κοιλιάς του ασθενή. Η κοιλιά γεμίζει με το αδρανές αέριο διοξείδιο του άνθρακα δημιουργώντας έτσι ένα μεγαλύτερο χώρο εργασίας στον χειρουργό για να ολοκληρώσει την επέμβαση. Αυτό το αέριο εκκενώνεται από την κοιλιά στο τέλος του χειρουργείου. Ο χειρουργός χειρίζεται 3 πολυ-αρθρωτά όργανα για να φέρει σε πέρας με ακρίβεια, λεπτότητα και σταθερότητα το δύσκολο έργο του διαχωρισμού των ιστών, της αιμόστασης, της κοπής και συρραφής με την ίδια και ανώτερη δεξιότητα από εκείνη του ανθρώπινου καρπού. Ο προστάτης απελευθερώνεται από την ουροδόχο κύστη και την ουρήθρα διατηρώντας τα λεπτά στυτικά νεύρα, εφόσον αυτό είναι εφικτό από την έκταση του καρκίνου, με σκοπό να έχει ο ασθενής αυτόματες στύσεις μετά την ανάρρωση από το χειρουργείο.



Εικ. 2.26 Σχηματική απεικόνιση σε πραγματική φωτογραφία της εντόπισης του αγγειονευρώδους δεματίου στη πλάγια επιφάνεια του προστάτη έτσι όπως φαίνεται από την πάνω κοιλιακή άποψη του προστάτη.

Οι πυελικοί λεμφαδένες, οι οποίοι μπορεί να έχουν προσβληθεί από καρκίνο, αφαιρούνται, όταν χρειάζεται για να γίνει καλύτερη εκτίμηση της εξάπλωσης του όγκου του προστάτη. Τέλος, η ουροδόχος κύστη συρράπτεται με την ουρήθρα για την αποκατάσταση της συνέχειας της αποχετεύσεως των ούρων. Η θερμική ενέργεια περιορίζεται στο ελάχιστο κατά την διάρκεια της εκτομής του προστάτη για την αποφυγή βλάβης των λεπτεπίλεπτων στυτικών νεύρων και μυών που ελέγχουν την στύση του πέους και την εγκράτεια των ούρων.

Όταν ο προστάτης και οι λεμφαδένες απελευθερωθούν από τους γύρω ιστούς τοποθετούνται αμέσως σε πλαστικό σάκο, ο οποίος αφαιρείται ανέπαφος στο τέλος της επέμβασης διαμέσου μίας από τις προϋπάρχουσες οπές, η οποία μεγεθύνεται ανάλογα για να περάσει και να εξέλθει ο σάκος που περιέχει τον προστάτη με τους λεμφαδένες. Έτσι ο προστάτης ούτε κομματιάζεται ούτε καρκινικά κύτταρα διασκορπίζονται. Μία λεπτή παροχέτευση τοποθετείται στην περιοχή της επέμβασης για να εκκενώνει τα υγρά της επέμβασης και εξέρχεται διαμέσου μίας από τις οπές των τροκάρ. Επίσης τοποθετείται ένας καθετήρας διαμέσου της ουρήθρας στην ουροδόχο κύστη λειτουργώντας σαν γέφυρα για την γρήγορη επούλωση της αναστόμωσης, της συρραφής ανάμεσα στην κύστη και στην ουρήθρα. Οι οπές των τροκάρ και η μικρή τομή, μέσα από την οποία πέρασε ο πλαστικός σάκος που περιείχε τον προστάτη, συρράπτονται χρησιμοποιώντας τεχνικές πλαστικής χειρουργικής για ελαχιστοποίηση των ουλών. Τα σημάδια της επέμβασης απορροφούνται ταχύτατα και ένα μήνα μετά φαίνονται μόνο ελάχιστα.³²

2.4.4.2 Υστερεκτομή

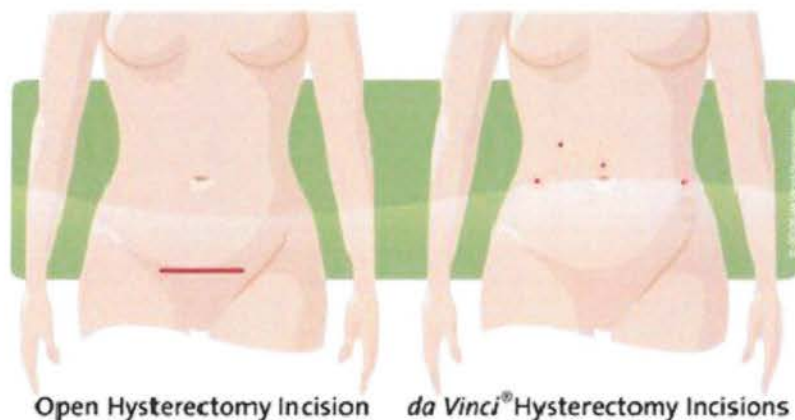
Μια μεγάλη ποικιλία από καλοήθειες (μη καρκινικές) παθήσεις, μπορεί να επηρεάσει το αναπαραγωγικό σύστημα μιας γυναίκας, το οποίο αποτελείται από τη μήτρα, τον κόλπο, τις ωοθήκες και τις σάλπιγγες. Οι περισσότερες από αυτές τις συνθήκες, ωστόσο, επηρεάζουν τη μήτρα. Κοινοί τύποι γυναικολογικών παθήσεων, όπως τα ινομώματα (μη-καρκινικά εξογκώματα στα τοιχώματα της μήτρας), η ενδομητρίωση ή η πρόπτωση (πτώση ή ολίσθηση της μήτρας), μπορούν να προκαλέσουν χρόνιο πόνο και έντονη αιμορραγία, όπως και άλλα δυσάρεστα συμπτώματα. Οι γυναίκες που αντιμετωπίζουν τέτοια συμπτώματα, συχνά θεραπεύονται μέσω υστερεκτομής, με χειρουργική αφαίρεση, δηλαδή, της μήτρας. Για την ακρίβεια, αυτή η διαδικασία είναι η δεύτερη πιο κοινή χειρουργική διαδικασία που ακολουθούν οι γυναίκες στην Αμερική, και υπολογίζεται πως το 1/3 όλου του γυναικείου πληθυσμού των ΗΠΑ θα έχουν υποστεί υστερεκτομή μέχρι την ηλικία των 60. Η υστερεκτομή μπορεί, μερικές φορές, να γίνεται μέσω του κόλπου, ωστόσο σε περιπτώσεις που η μήτρα είναι μεγάλη ή υπάρχουν εσωτερικές ουλές από προηγούμενη επέμβαση ή από άλλες συνθήκες, συνήθως εκτελείται κοιλιακή υστερεκτομή. Παραδοσιακά, οι κοιλιακές υστερεκτομές γίνονται με ανοιχτή χειρουργική επέμβαση, η οποία απαιτεί μια μεγάλη τομή κάτω από τον ομφαλό. Η διαδικασία αυτή μπορεί να είναι επώδυνη και να περιλαμβάνει βαριά φαρμακευτική αγωγή, κίνδυνο μόλυνσης και σημαντική απώλεια αίματος. Μετά το χειρουργείο, είναι αναγκαία μια περίοδος ανάρρωσης της τάξης των 6 εβδομάδων. Επιπλέον, πολλοί ασθενείς δεν μένουν ευχαριστημένοι με την ουλή που μένει από την τομή.

Για τις περισσότερες γυναίκες, η Υστερεκτομή daVinci προσφέρει πολυάριθμα δυνητικά οφέλη έναντι των παραδοσιακών χειρουργικών προσεγγίσεων, περιλαμβανομένων:

- Σημαντικά λιγότερο πόνο
- Λιγότερη απώλεια αίματος και αντίστοιχη ανάγκη για μετάγγιση

³² Προστατεκτομή. [Ηλεκτρονικό] <http://www.poulakis-urology.com/index.php/da-vinci-ouologikes-epembaseis/da-vinci-riziki-prostatektomi>.

- Μικρότερο κίνδυνο μόλυνσης
- Συντομότερη παραμονή στο νοσοκομείο
- Ταχύτερη ανάρρωση και επιστροφή στις καθημερινές δραστηριότητες
- Μικρές τομές για όσο το δυνατόν λιγότερες και μικρότερες ουλές
- Βελτίωση των αποτελεσμάτων και της ικανοποίησης των ασθενών, σε πολλές περιπτώσεις³³



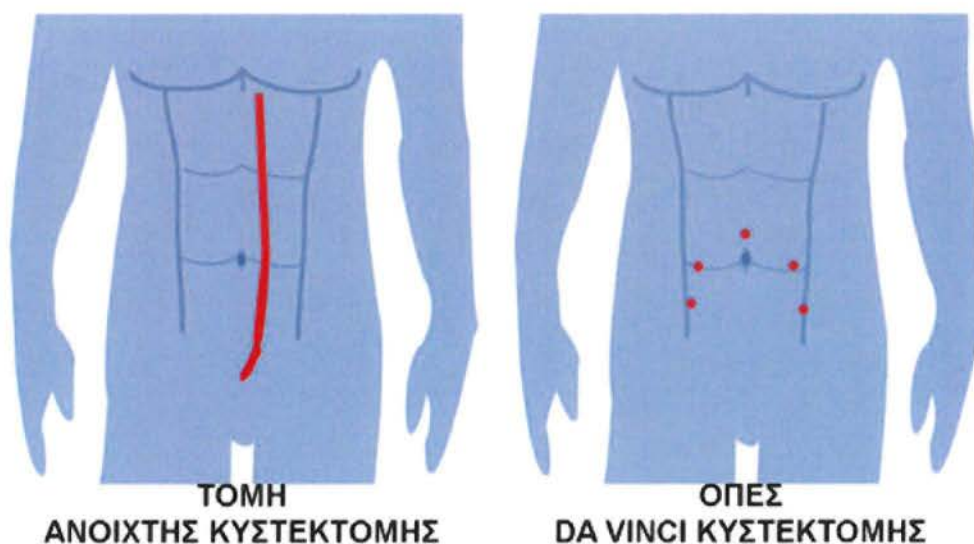
Εικ. 2.27 Τοποθέτηση των μικροτομών σε μία επέμβαση υστερεκτομής με το daVinci (δεξιά) σε σχέση με την κλασική τομή της ανοικτής χειρουργικής μεθόδου (αριστερά)

2.4.4.3 Κυστεκτομή

Γενικά για την daVinci Ριζική Κυστεκτομή

Η daVinci Ριζική Κυστεκτομή αρχίζει και γίνεται η κύρια επιλογή για την θεραπεία του εντοπισμένου διηθητικού καρκίνου της ουροδόχου κύστης στις ΗΠΑ. Χάρη στην αλματώδη ανάπτυξη της χειρουργικής τεχνολογίας είναι δυνατή η ευρεία εφαρμογή και προσφορά της ελάχιστα επεμβατικής προοπτικής για την ριζική κυστεκτομή – την daVinci Ριζική Κυστεκτομή.

³³Υστερεκτομή. [Ηλεκτρονικό] <http://www.queen.gr/YGEIA-FITNESS/YGEIA/item/13598-Rompotikh-cheiourgikh-H-apanthsh-sthn-ysterektohm#ixzz2pKnPX8ZL>.



Εικ. 2.28 Τοποθέτηση των μικροτομών σε μία επέμβαση κυστεκτομής με το daVinci (δεξιά) σε σχέση με την κλασική τομή της ανοικτής χειρουργικής μεθόδου (αριστερά)

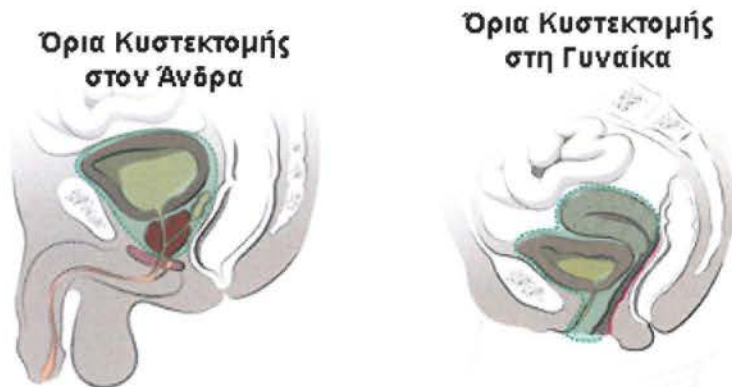
Στην θεραπεία του καρκίνου της ουροδόχου κύστης η χειρουργική εργασία στην κλίμακα του χιλιοστού κάνει την διαφορά. Πρόκειται για μικροχειρουργική. Λεπτότερες νευρικές ίνες και αιμοφόρα αγγεία είναι σ' επαφή με τον προστάτη και την ουροδόχο κύστη. Για να διατηρηθούν αυτά τα νεύρα πρέπει μ' ακρίβεια και "μαστοριά" να ξεχωριστούν από τον προστάτη και την ουροδόχο κύστη πριν την ριζική αφαίρεσή.

Πως εκτελείται η daVinci Ριζική Κυστεκτομή και η δημιουργία της εκτροπής των ούρων;

Γενικά, η χειρουργική αφαίρεση της ουροδόχου κύστης εκτελείται υπό γενική αναισθησία και προϋποθέτει την δημιουργία και αποκατάσταση της ροής των ούρων. Συνεπώς την όλη επέμβαση την χωρίζουμε γενικά σε δύο μέρη:

- Ριζική κυστεκτομή και εκτεταμένη λεμφαδενεκτομή
- Δημιουργία εκτροπής ούρων (ορθότοπη νεοκύστη ή ειλεο-ουρητηροστομία ή απλή ουρητηροστομία)

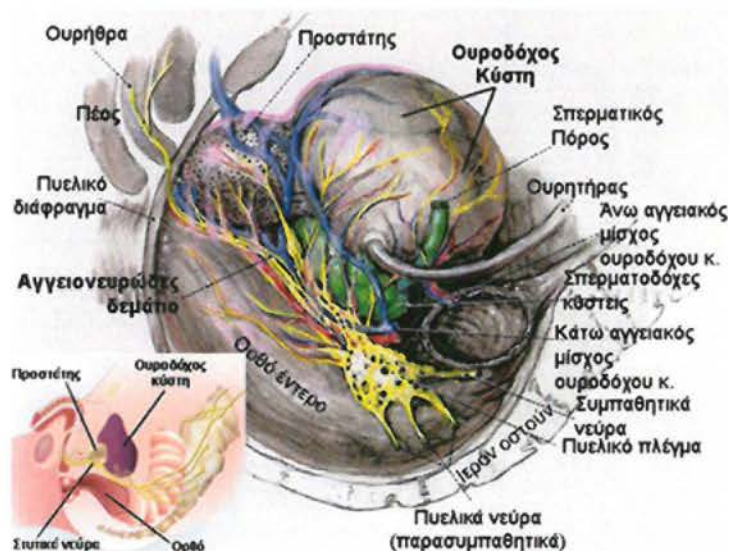
Επιπλέον, η επέμβαση παρουσιάζει ορισμένες διαφορές και ιδιαιτερότητες ανάλογα με το φύλο, άνδρας ή γυναίκα.



Εικ. 2.29 Όρια ριζικής κυστεκτομής στον άνδρα και στη γυναίκα.

DaVinci Ριζική Κυστεκτομή και εκτεταμένη λεμφαδενεκτομή στον άνδρα

Αν και ο χειρουργικός χρόνος διαφέρει από ασθενή σε ασθενή, ο μέσος όρος χειρουργικού χρόνου κυμαίνεται από 1,5 έως 3 ώρες. Πέντε μικρές οπές, μικρότερες του ενός εκατοστού, πραγματοποιούνται στην κάτω κοιλιά, μέσα από τις οποίες περνούν ειδικοί σωληνίσκοι (τα λεγόμενα τροκάρ), τα οποία επιτρέπουν την ταχεία είσοδο και έξοδο των λαπαροσκοπικών και ρομποτικών εργαλείων στο εσωτερικό της κοιλιάς του ασθενή ή της ασθενούς. Η κοιλιά γεμίζει με το αδρανές αέριο διοξείδιο του άνθρακα δημιουργώντας έτσι ένα μεγαλύτερο χώρο εργασίας στον χειρουργό για να ολοκληρώσει την επέμβαση. Αυτό το αέριο εκκενώνεται από την κοιλιά στο τέλος του χειρουργείου. Ο χειρουργός χειρίζεται 3 πολυ-αρθρωτά όργανα για να φέρει σε πέρας με ακρίβεια, λεπτότητα και σταθερότητα το δύσκολο έργο του διαχωρισμού των ιστών, της αιμόστασης, της κοπής και συρραφής με την ίδια και ανώτερη δεξιότητα από εκείνη του ανθρώπινου καρπού. Ο προστάτης απελευθερώνεται από την ουροδόχο κύστη και την ουρήθρα διατηρώντας τα λεπτά στυτικά νεύρα, εφόσον αυτό είναι εφικτό από την έκταση του καρκίνου, με σκοπό να έχει ο ασθενής αυτόματες στύσεις μετά την ανάρρωση από το χειρουργείο.



Εικ. 2.30 Σχηματική απεικόνιση της εντόπισης του αγγειονευρώδους δεματίου στη πλάγια επιφάνεια της ουροδόχου κύστης και του προστάτη

Ο μεγαλύτερος δυνατόν αριθμός πυελικών λεμφαδένων, οι οποίοι μπορεί να έχουν προσβληθεί από καρκίνο, αφαιρείται σ' όλες τις περιπτώσεις με σκοπό την

- Πλήρη αφαίρεση κάθε πιθανής μεταστατικής εστίας προσφέροντας την πιθανότητα της πλήρους ίασης
- Καλύτερη εκτίμηση της εξάπλωσης του όγκου της ουροδόχου κύστης

Η θερμική ενέργεια περιορίζεται στο ελάχιστο για την αποφυγή βλάβης των λεπτεπίλεπτων στυτικών νεύρων και μυών που ελέγχουν την στύση του πέους και την εγκράτεια των ούρων.

Στον άνδρα, όταν η ουροδόχος κύστη μαζί με τον προστάτη και τους λεμφαδένες απελευθερωθούν από τους γύρω ιστούς τοποθετούνται αμέσως σε πλαστικό σάκο, ο οποίος αφαιρείται ανέπαφος στο τέλος της επέμβασης διαμέσου μίας από τις προϋπάρχουσες οπές, η οποία μεγεθύνεται ανάλογα για να περάσει και να εξέλθει ο σάκος που περιέχει τα χειρουργικά παρασκευάσματα. Έτσι η ουροδόχος κύστη και ο προστάτης ούτε κομματιάζονται ούτε καρκινικά κύτταρα διασκορπίζονται ούτε ούρα που πιθανόν να περιέχουν καρκινικά κύτταρα χύνονται στο εσωτερικό της κοιλιάς.

Στη γυναίκα, όταν η ουροδόχος κύστη μαζί με την μήτρα, τις ωοθήκες και τους λεμφαδένες απελευθερωθούν από τους γύρω ιστούς τοποθετούνται αμέσως σε πλαστικό σάκο, ο οποίος αφαιρείται ανέπαφος διαμέσου του κόλπου, ο οποίος έτσι και αλλιώς διανοίγεται με την αφαίρεση της μήτρας. Όταν εξέλθει ο σάκος, που περιέχει τα χειρουργικά παρασκευάσματα, συρράπτεται ο κόλπος ρομποτικά με απολύτως στεγανό τρόπο. Έτσι, όπως και στον άνδρα, η ουροδόχος κύστη και οι λεμφαδένες ούτε κομματιάζονται, ούτε καρκινικά κύτταρα διασκορπίζονται, ούτε ούρα που πιθανόν να περιέχουν καρκινικά κύτταρα χύνονται στο εσωτερικό της κοιλιάς.

Μία λεπτή παροχέτευση τοποθετείται στην περιοχή της επέμβασης για να εκκενώνει τα υγρά της επέμβασης και εξέρχεται διαμέσου μίας από τις οπές των τροκάρ.

- Σε περίπτωση που δημιουργήθηκε νέα κύστη από λεπτό έντερο τοποθετείται ένας καθετήρας διαμέσου της ουρήθρας στην νέα ουροδόχο κύστη λειτουργώντας σαν γέφυρα για την γρήγορη επούλωση της αναστόμωσης, της συρραφής δηλαδή ανάμεσα στην νέα κύστη από λεπτό έντερο και στην ουρήθρα.
- Στην περίπτωση που οι ουρητήρες εμφυτεύτηκαν είτε κατευθείαν στο δέρμα (απλή ουρητηροστομία) είτε με την παρεμβολή ενός μικρού τμήματος λεπτού εντέρου (ουρητηρο-ειλεο-στομία ή κύστη κατά Bricker) δεν τοποθετείται καθετήρας και η ουρήθρα σφραγίζεται εσωτερικά με ράμμα στους άνδρες ή αφαιρείται μαζί με τον κόλπο στις γυναίκες.

Ανεξάρτητα πάντως από τον τρόπο εκτροπής των ούρων τοποθετούνται σε κάθε ουρητήρα ειδικοί αυτοσυγκρατούμενοι ουρητηρικοί καθετήρες (τα λεγόμενα mono-Jstent) για να παροχετεύουν τα ούρα από τον νεφρό κατευθείαν προς τα έξω με σκοπό την καλύτερη επούλωση της εμφύτευσης του ουρητήρα στο δέρμα ή στο έντερο.

Τέλος, οι οπές των τροκάρ και η μικρή τομή, μέσα από την οποία πέρασε ο πλαστικός σάκος που περιείχε τον προστάτη, συρράπτονται χρησιμοποιώντας τεχνικές πλαστικής χειρουργικής για ελαχιστοποίηση των ουλών. Τα σημάδια της επέμβασης απορροφούνται ταχύτατα και ένα μήνα μετά φαίνονται μόνο ελάχιστα.

HDaVinci Ριζική Κυστεκτομή και η εκτεταμένη λεμφαδενεκτομή στη γυναίκα

Η διαφορά της ριζικής κυστεκτομής στην γυναίκα συνίσταται στα εξής:

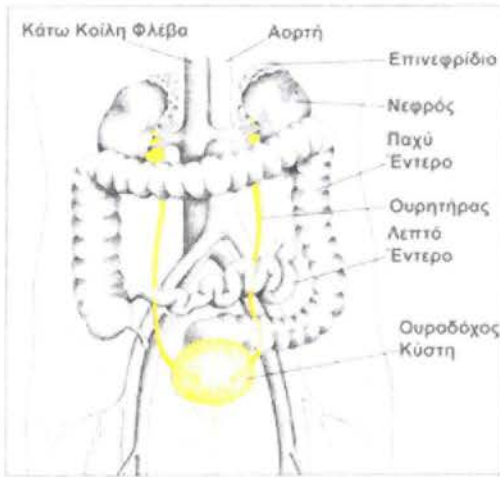
- Μαζί με την ουροδόχο κύστη αφαιρείται η μήτρα (εφόσον υπάρχει) μαζί με τις ωοθήκες καθώς και το πρόσθιο τμήμα του κόλπου
- Στην περίπτωση που το στάδιο του καρκίνου της ουροδόχου κύστης είναι αρχικό και δεν διηθεί το τρίγωνο ή το οπίσθιο τοίχωμα της ουροδόχου κύστης και είναι από την πλευρά της γυναίκας επιθυμητή η δημιουργία μίας νεοκύστης από λεπτό έντερο τότε διατηρούμε τον κόλπο αφαιρώντας μόνο την μήτρα με τις ωοθήκες
- Στην περίπτωση σεξουαλικά ενεργών γυναικών δίδεται ιδιαίτερη έμφαση στην διατήρηση των νεύρων που είναι υπεύθυνα για τον σεξουαλικό ερεθισμό, την υγρασία του κόλπου και την εγκράτεια των ούρων
- Τα υπόλοιπα βήματα της ριζικής κυστεκτομής με την λεμφαδενεκτομή είναι ίδια και στα δύο φύλα

Δημιουργία εκτροπής ούρων και στα δύο φύλα

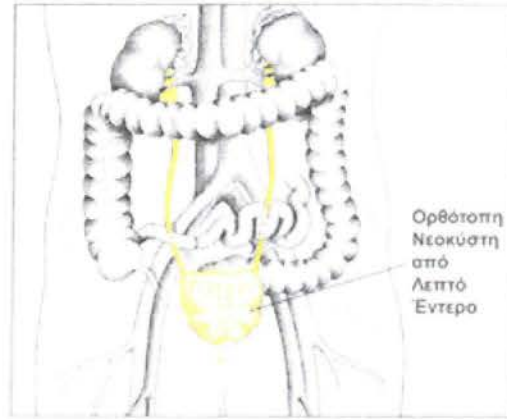
Η δημιουργία της εκτροπής των ούρων περιλαμβάνει την αποκατάσταση της συνέχειας της ουροφόρου οδού. Μετά την ολική αφαίρεση της ουροδόχου κύστης πρέπει με κάποιο τρόπο να συλλέγονται και ν' αποβάλλονται τα ούρα από τον οργανισμό. Υπάρχουν δύο τέτοιοι τρόποι:

- Ορθότοπη νεοκύστη, δηλαδή μίας νέας κύστης από λεπτό έντερο συνήθως που τοποθετείται στην θέση της παλαιάς και είναι εγκρατής λόγω της δράσης του σφιγκτήρα του ασθενούς, ο οποίος και διατηρείται
- Ειλεο-ουρητηροστομία ή κύστη κατά Bricker, απομόνωση δηλαδή ενός μικρού τμήματος λεπτού εντέρου, όπου το ένα άκρο του συνδέεται στο δέρμα και το άλλο είναι εσωτερικά στο σώμα του ασθενούς, όπου συνδέονται οι ουρητήρες
- Απλή ουρητηροστομία, κατευθείαν δηλαδή εμφύτευση των ουρητήρων στο δέρμα

Κάθε μορφή εκτροπής εκτροπής ούρων έχει τις δικές ενδείξεις και δεν είναι κατάλληλη για όλους τους ασθενείς.



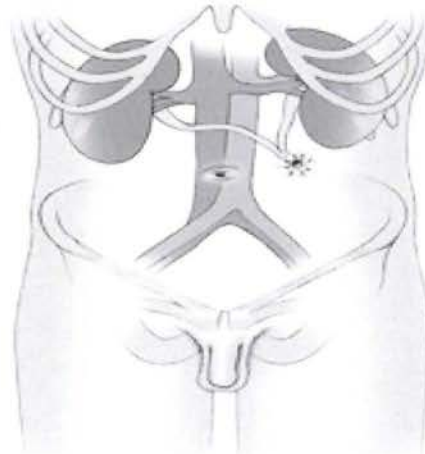
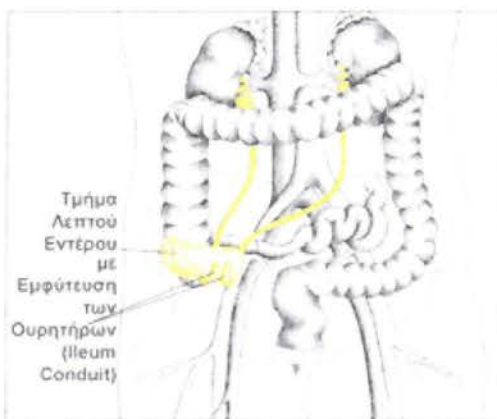
Εικ. 2.31 Φυσιολογική κατάσταση πριν την επέμβαση



Εικ. 2.32 Δημιουργία Ορθότοπης και Εγκρατούς Νεοκύστης μετά την Ριζική Κυστεκτομή

Έτσι, η ορθότοπη εγκρατής νεοκύστη (ή αλλιώς ειλεοκύστη, επειδή δημιουργείται από το τμήμα του λεπτού εντέρου εντέρου που ονομάζεται τελικός ειλεός) ενδείκνυται σε ασθενείς με:

- Φυσιολογική νεφρική και ηπατική λειτουργία
- Σχετικά μεγάλο προσδόκιμο χρόνο επιβίωσης
- Εγκράτεια ούρων χωρίς έντονα ερεθιστικά ενοχλήματα ούρησης
- Απουσία σοβαρών νευρολογικών ή ψυχιατρικών νοσημάτων
- Κακοήγη όγκο στην ουροδόχο κύστη που δεν καταλαμβάνει το τρίγωνο της κύστης ή την προστατική ουρήθρα ή την ουρήθρα ειδικότερα. Στην αντίθετη περίπτωση πρέπει να εκτελείται και πλήρης αφαίρεση της ουρήθρας (ουρηθρεκτομή)! Σ' αυτή την περίπτωση, η σημασία των ταχείων βιοψιών κατά την διάρκεια της επέμβασης είναι πολύ σημαντική



Εικ. 2.33 Αριστερά Ουρητηροειλεοστομία και δεξιά απλή Ουρητηροστομία

Στις υπόλοιπες περιπτώσεις διενεργούνται αναγκαστικά οι άλλες μορφές μη-εγκρατούς εκτροπής των ούρων.³⁴

2.4.4.4 Ινομυωμεκτομή

Δίνει στο χειρουργό μια μεγεθυμένη, 3-D προβολή της μήτρας προσφέροντας μεγαλύτερη ακρίβεια, ευελιξία και επιδεξιότητα από ό,τι είναι δυνατόν χρησιμοποιώντας κάποιες άλλες τεχνικές. Ως αποτέλεσμα της daVinci της τεχνολογίας, η daVinci μυομεκτομή προσφέρει τα ακόλουθα πιθανά οφέλη σε σύγκριση με την παραδοσιακή λαπαροσκόπηση:

- Ελάχιστη επεμβατική αφαίρεση των ινομυωμάτων
- Δυνατότητα αφαιρέσεως πιο πολλών και πιο δύσκολων σε πρόσβαση ινομυωμάτων λιγότερο επεμβατικά
- Λιγότερες επιπλοκές κατά τη διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης

Το DaVinci χρησιμοποιεί την τελευταία λέξη της χειρουργικής και της ρομποτικής τεχνολογίας και είναι ευεργετικό για την εκτέλεση σύνθετης χειρουργικής επέμβασης. Ο χειρουργός έχει 100% τον έλεγχο του Συστήματος DaVinci, το οποίο μεταφράζει τις κινήσεις των χεριών του σε μικρότερες, πιο ακριβείς κινήσεις των μικροσκοπικών εργαλείων μέσα στο σώμα.³⁵



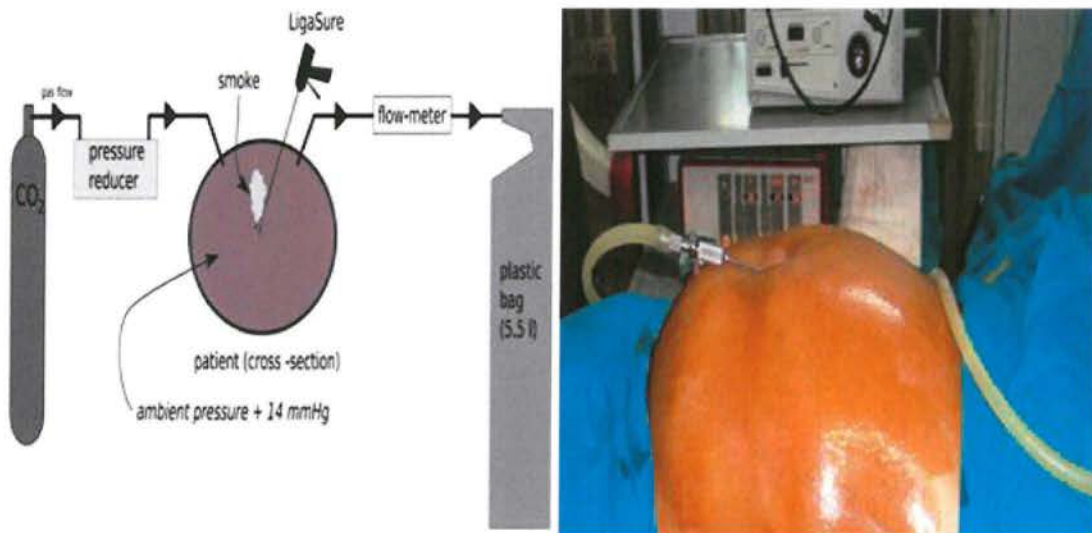
Εικ. 2.34 Τοποθέτηση των μικροτομών σε μία επέμβαση μυομεκτομής με το daVinci (δεξιά) σε σχέση με την κλασική τομή της ανοικτής χειρουργικής μεθόδου (αριστερά).

³⁴Κυστεκτομή. [Ηλεκτρονικό] <http://www.poulakis-urology.com/da-vinci-ouologikes-epembaseis/da-vinci-kistektomi>.

³⁵Ινομυωμεκτομή. [Ηλεκτρονικό] <http://www.grafida.net/el/index.php?itemID=15&view=15&pageID=183340>.

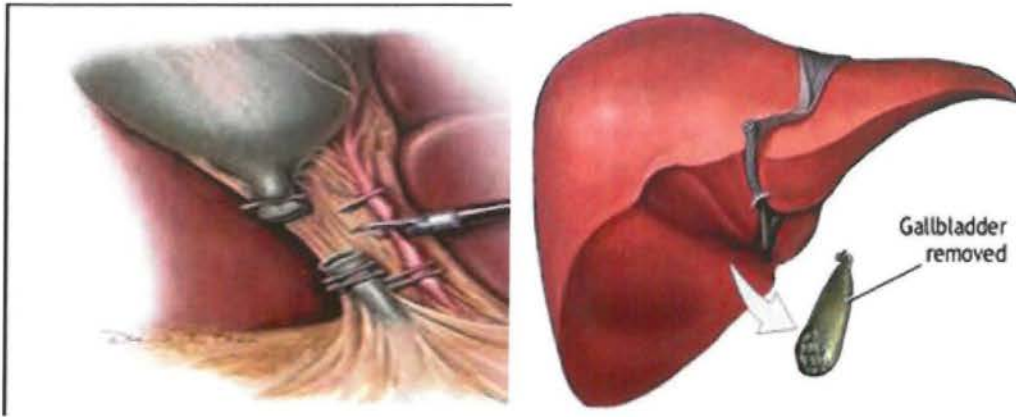
2.4.4.5 Χολοκυστεκτομή

Η ρομποτική χολοκυστεκτομή γίνεται υπό γενική αναισθησία δια μέσω μικρών οπών που δημιουργούνται στο δέρμα. Μέσα από τις μικρές αυτές τρύπες εισέρχονται στην κοιλιακή κοιλότητα οι ρομποτικοί βραχίονες δια μέσω των οποίων ο Χειρουργός στην κονσόλα αφαιρεί την χοληδόχο κύστη. Για να γίνει αυτό εφικτό πρέπει πρώτα να εμφύσησουμε εντός της κοιλιακής χώρας αέριο διοξείδιο του άνθρακα, ώστε να δημιουργηθεί ο απαραίτητος χώρος για τα εργαλεία, με μια διαδικασία που ονομάζεται πνευμο περιτόναιο.



Εικ. 2.35 Εφαρμογή πνευμονοπεριτοναίου με την εμφύσηση εντός της περιτοναϊκής κοιλότητας ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα

Γίνονται 3-4 μικρές τομές μήκους 5-12 χιλιοστών. Από τις τομές αυτές περνούν ειδικά τροκάρ (μικροί πλαστικοί σωλήνες) που εφαρμόζουν στους ρομποτικούς βραχίονες και δια μέσω των οποίων εισάγονται στην περιτοναϊκή κοιλότητα (στην κοιλιά) τα εργαλεία και το αέριο. Αφού τοποθετηθούν τα τροκάρ και οι ρομποτικοί βραχίονες γίνεται εμφύσηση αερίου διοξειδίου του άνθρακα (προτιμάται αυτό το αέριο διότι είναι αδρανές) με αποτέλεσμα την διάταση των κοιλιακών τοιχωμάτων και την εμφάνιση των ενδοκοιλιακών οργάνων. Ακολουθεί η κινητοποίηση της χοληδόχου κύστεως με τη διατομή πιθανών συμφύσεων από το τοίχωμα της. Στη συνέχεια αναγνωρίζονται και παρασκευάζονται επιμελώς η αρτηρία της κύστης (κυστική αρτηρία) καθώς και ο κυστικός πόρος (το σωληνάκι που συνδέει την χοληδόχο κύστη με το χοληδόχο πόρο). Ακολουθεί η απολίνωση αυτών των στοιχείων με ειδικά χειρουργικά συρραπτικά εργαλεία και στην συνέχεια η αποκόλληση της χοληδόχου κύστεως από την κοίτη του ήπατος. Η χρήση τελευταίας τεχνολογίας αιμοστατικών συσκευών που λειτουργούν με υπερήχους, με laser, με ραδιοσυχνότητες καθώς και με θερμική ενέργεια εξασφαλίζει ακόμα καλύτερη αιμόσταση.



Εικ. 2.36 Αριστερά απεικονίζεται η απολίνωση του κυστικού πόρου και της κυστικής αρτηρίας, δεξιά η αποκόλληση της χοληδόχου κύστεως από το ήπαρ.

Μόλις ελευθερωθεί η χοληδόχος κύστη εισάγεται σε ειδικό σάκο και αφαιρείται δια μέσω μιας εκ των χειρουργικών τομών. Ακολουθεί η τοποθέτηση μιας λεπτής παροχέτευσης (ένα λεπτό σωληνάκι από σιλκόνη) η οποία αφαιρείται 24 ώρες μετά το χειρουργείο. Πριν την συρραφή των χειρουργικών τομών γίνεται διήθηση με τοπικό αναισθητικό μακράς διάρκειας ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο μετεγχειρητικός πόνος. Οι χειρουργικές τομές συγκλείνονται με απορροφήσιμη ενδοδερμική ραφή (πλαστική τομή) η οποία δεν χρειάζεται αφαίρεση και προσφέρει άριστα αισθητικά αποτελέσματα.³⁶



Εικ. 2.37 Οι χειρουργικές ουλές μόλις που είναι διακριτές μετά από ρομποτική χολοκυστεκτομή

2.4.4.6 Μερική Νεφρεκτομή

Γενικά για την daVinci μερική νεφρεκτομή

Η daVinci μερική νεφρεκτομή είναι σήμερα η νούμερο 1 επιλογή για την θεραπεία του τυχαία ανευρισκομένου και εντοπισμένου καρκίνου (μικρότερου από 4 εκατοστά)

³⁶Χολοκυστεκτομή. [Ηλεκτρονικό] <http://www.gfiliipakis.gr/Ρομποτική-Χειρουργική/Ρομποτική-Χολοκυστεκτομή>.

του νεφρού στις ΗΠΑ. Χάρης στην αλματώδη ανάπτυξη της χειρουργικής τεχνολογίας είναι δυνατή η ευρεία εφαρμογή και προσφορά της ελάχιστα επεμβατικής προοπτικής για την μερική νεφρεκτομή – την daVinci μερική νεφρεκτομή.

Πως εκτελείται η daVinci μερική νεφρεκτομή;

Η ρομποτική μερική νεφρεκτομή εκτελείται υπό γενική αναισθησία. Αν και ο χειρουργικός χρόνος διαφέρει από ασθενή σε ασθενή, ο μέσος όρος χειρουργικού χρόνου κυμαίνεται από 1,5 έως 3 ώρες. Κατά την ρομποτική μερική νεφρεκτομή 4 με 5 μικρές οπές μικρότερες του ενός εκατοστού πραγματοποιούνται στην κάτω κοιλιά μέσα από τις οποίες περνούν ειδικοί σωληνίσκοι (τα λεγόμενα τροκάρ) οι οποίες επιτρέπουν την ταχεία είσοδο και έξοδο των λαπαροσκοπικών και ρομποτικών εργαλείων στο εσωτερικό της κοιλιάς του ασθενή. Η κοιλιά γεμίζει με το αδρανές αέριο διοξείδιο του άνθρακα δημιουργώντας έτσι ένα μεγαλύτερο χώρο εργασίας στον χειρουργό για να ολοκληρώσει την επέμβαση. Αυτό το αέριο εκκενώνεται από την κοιλιά στο τέλος του χειρουργείου. Ο χειρουργός χειρίζεται 3 πολύ-αρθρωτά όργανα για να φέρει σε πέρας με ακρίβεια, λεπτότητα και σταθερότατο δύσκολο έργο του διαχωρισμού των ιστών, της αιμόστασης, της κοπής και συρραφής με την ίδια και ανώτερη δεξιότητα από εκείνη του ανθρώπινου καρπού.

Πολύ-αρθρωτά ρομποτικά εργαλεία επιτρέπουν στον ουρολόγο μέσα στο σώμα του ασθενή με την ίδια ικανότητα σαν να έχει δύο μικροσκοπικά ανθρώπινα χέρια. Επιπλέον ο χειρουργός ελέγχει μία στερεοσκοπική οπτική που συνδέεται μία υψηλής ευκρίνειας κάμερα η οποία εξασφαλίζει μία τρισδιάστατη υψηλής ευκρίνειας (High Definition, HD) όραση της εσωτερικής ανατομίας του ασθενή. Ένας έμπειρος χειρουργός λειτουργεί σαν βοηθός και στέκεται δίπλα στο χειρουργικό τραπέζι βοηθώντας τον ρομποτικό χειρουργό κρατώντας ανοιχτό το χειρουργικό πεδίο, αναρροφώντας και καθαρίζοντας, χρησιμοποιώντας όργανα που εισέρχονται μέσα από τα δύο βοηθητικά τροκάρ. Το ρομποτικό σύστημα daVinci προσαρμόζεται στα τροκάρ πριν την έναρξη της επέμβασης. Με τον ρομποτικό χειρουργό να κάθεται μόλις ελάχιστα μέτρα δίπλα από το χειρουργικό τραπέζι στην χειρουργική κονσόλα, τα ρομποτικά όργανα ελέγχονται από τον χειρουργό σε πραγματικό χρόνο με υψηλή ακρίβεια κλιμακωτής κίνησης.

Ο προσβεβλημένος νεφρός παρασκευάζεται και απελευθερώνεται από τους γύρω ιστούς και όργανα. Κατόπιν εντοπίζεται ο όγκος και απεικονίζεται σε πραγματικό χρόνο με την χρήση ενδοσκοπικού-λαπαροσκοπικού υπερήχου σε πραγματικό χρόνο εισάγοντας την ειδική κεφαλή υπερήχων μέσα από ένα βοηθητικό τροκάρ. Αυτός ο υπερήχος επιτρέπει την ακριβή οριοθέτηση της ενδονεφρικής επέκτασης του όγκου για τον σχεδιασμό της σωστής γραμμής εκτομής με σκοπό την πλήρη αφαίρεση του όγκου. Ο σκοπός είναι ν' αφαιρεθεί πλήρως ο όγκος διατηρώντας όμως το μέγιστο δυνατό υγιές μέρος του νεφρού και συνεπώς διατηρώντας την μέγιστη δυνατή νεφρική λειτουργία. Η αιμάτωση του νεφρού διακόπτεται προσωρινά κλείνοντας με ειδικές λαβίδες τα αγγεία του νεφρού για να ελαττωθεί η αιμορραγία κατά την διάρκεια της πλήρους εκτομής του όγκου εξασφαλίζοντας επιπλέον ένα καθαρό και ευκρινές χειρουργικό πεδίο. Ο όγκος με το περιβάλλον λίπος και έναν δακτύλιο υγιούς νεφρού αφαιρείται μαζί με ορατούς και

πιθανόν διογκωμένους λεμφαδένες. Όταν ο όγκος του νεφρού απελευθερωθεί από τον υπόλοιπο υγρή νεφρό τοποθετείται αμέσως σε πλαστικό σάκο, ο οποίος αφαιρείται ανέπαφος στο τέλος της επέμβασης διαμέσου μίας από τις προϋπάρχουσες οπές, η οποία μεγεθύνεται ανάλογα για να περάσει και να εξέλθει ο σάκος που περιέχει τον νεφρικό όγκο. Έτσι ο όγκος του νεφρού ούτε κομματιάζεται ούτε καρκινικά κύτταρα διασκορπίζονται.

Το τραύμα που δημιουργήθηκε στο νεφρό από την εκτομή του όγκου συρράπτεται και κλείνεται με ράμματα και χειρουργική “κόλλα” για να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή αιμόσταση. Οι αιμοστατικές λαβίδες αφαιρούνται από τα αγγεία του νεφρού και η κυκλοφορία αίματος αποκαθίσταται στο χειρουργημένο όργανο. Μία λεπτή παροχέτευση τοποθετείται στην περιοχή της επέμβασης για να εκκενώνει τα υγρά της επέμβασης και εξέρχεται διαμέσου μίας από τις οπές των τροκάρ. Οι οπές των τροκάρ και η μικρή τομή, μέσα από την οποία πέρασε ο πλαστικός σάκος που περιείχε τον όγκο του νεφρού, συρράπτονται χρησιμοποιώντας τεχνικές πλαστικής χειρουργικής για ελαχιστοποίηση των ουλών. Τα σημάδια της επέμβασης απορροφούνται ταχύτατα και ένα μήνα μετά φαίνονται μόνο ελάχιστα.³⁷

2.4.4.7 Αφαίρεση θύμου αδένου με το DaVinci

Η επέμβαση αυτή γίνεται συνήθως με πλήρη διάνοιξη του στέρνου με αποτέλεσμα ο τραυματισμός του ασθενή να είναι μεγάλος. Με τη ρομποτική χειρουργική, όλη η αφαίρεση του θύμου αδένου γίνεται μέσα από 3 οπές των 2 εκατοστών στο αριστερό ημιθώρακιο του ασθενή. Χάρη σε αυτή τη μέθοδο επιτυγχάνεται η πλήρης και με ακρίβεια αφαίρεση του αδένου, δεν χρειάζεται καμία μετάγγιση αίματος και το αισθητικό αποτέλεσμα είναι άψογο. Ο ασθενής δεν χρειάζεται να νοσηλευθεί στη Μονάδα Εντατικής Θεραπείας καθώς μέχρι τώρα σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία μπορεί να φύγει από το νοσοκομείο τη 2η μετεγχειρητική μέρα.³⁸

2.4.4.8 Πυελοπλαστική

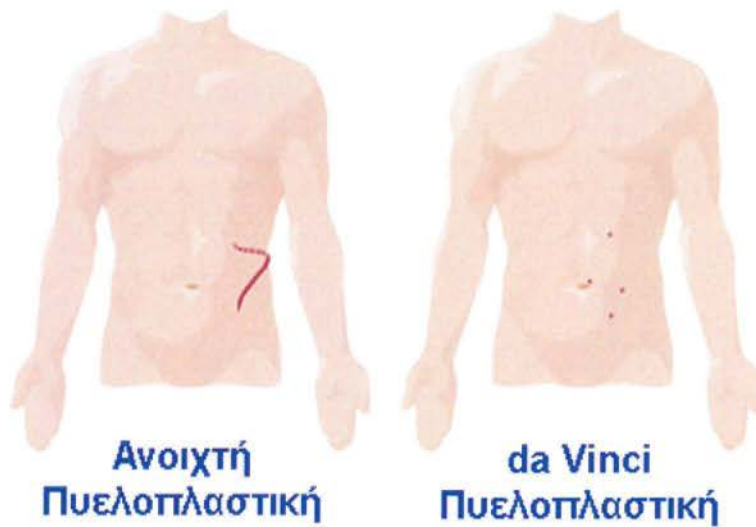
Γενικά για την daVinci πυελοπλαστική

Η daVinci πυελοπλαστική είναι η νούμερο 1 επιλογή για την θεραπεία της στένωσης της πυελοουρητηρικής συμβολής στις ΗΠΑ. Επειδή η στένωση της πυελοουρητηρικής συμβολής είναι μία συγγενής πάθηση που αφορά συνήθως εφήβους και νεαρούς ενήλικες είναι σχεδόν αδιανόητο να υποβάλλονται αυτοί οι νέοι

³⁷ Μερική Νεφρεκτομή. [Ηλεκτρονικό] <http://www.poulakis-urology.com/da-vinci-ourologikes-epembaseis/da-vinci-rizikimeriki-nefrektomi>.

³⁸ Αφαίρεση θύμου αδένου με το DaVinci. [Ηλεκτρονικό] http://medirobotics.blogspot.gr/2012/04/da-vinci_10.html.

άνθρωποι σ' ανοιχτό χειρουργείο με τα προβλήματα και τις επιπλοκές της ανοιχτής επέμβασης. Χάρης στην αλματώδη ανάπτυξη της χειρουργικής τεχνολογίας είναι δυνατή η ευρεία εφαρμογή και προσφορά της ελάχιστα επεμβατικής προοπτικής για την πυελοπλαστική – την daVinci πυελοπλαστική. Κατά την διάρκεια της πυελοπλαστικής αφαιρείται ή παρακάμπτεται η στενωμένη περιοχή της πυελοουρητηρικής συμβολής και ενώνεται ξανά το υγιές μέρος της νεφρικής πυέλου με το υγιές τμήμα του ουρητήρα – του λεπτού σωλήνα που μεταφέρει τα ούρα από τον νεφρό στην ουροδόχο κύστη.



Εικ. 2.38 Τοποθέτηση των μικροτομών σε μία επέμβαση πυελοπλαστικής με το daVinci (δεξιά) σε σχέση με την κλασική τομή της ανοιχτής χειρουργικής μεθόδου (αριστερά)

Η διαφορά ανάμεσα στη ανοιχτή και ρομποτική πυελοπλαστική. Ανώδυνη και ελάχιστα τραυματική προσέγγιση. Είναι μια πραγματικότητα μεγάλες και πολύπλοκες χειρουργικές επεμβάσεις να εκτελούνται μέσω μικρών οπών (μικροσκοπικών τομών). Έτσι εξασφαλίζονται τα πλεονεκτήματα της οριστικής και πλήρους θεραπείας με την δυνατότητα για σημαντικά λιγότερο πόνο, συντομότερη παραμονή στο νοσοκομείο και γρηγορότερη επιστροφή στις καθημερινές δραστηριότητες καθώς και το σπουδαιότερο την δυνατότητα για καλύτερα κλινικά αποτελέσματα. Στην θεραπεία της στένωσης της πυελοουρητηρικής συμβολής, επειδή στην πλειοψηφία τους αφορά νέα άτομα, η χειρουργική εργασία στην κλίμακα του χιλιοστού κάνει την διαφορά. Πρόκειται για μικροχειρουργική. Οι λεπτότατοι χειρουργικοί χειρισμοί όπως πχ η αφαίρεση της στενωμένης περιοχής με τις συμφύσεις και πιθανόν φλεγμονές, η διατήρηση των έκτοπων αγγείων απαιτεί ακρίβεια και “μαστοριά” για να επιτύχουμε το τέλειο αποτέλεσμα. Σχετικά με τα αποτελέσματα η daVinci πυελοπλαστική εμφανίζει παρόμοια ή ακόμα και καλύτερη αποκατάσταση της ροής των ούρων και διατήρησης της νεφρικής λειτουργίας σε σύγκριση μ' άλλες μορφές χειρουργικής θεραπείας όπως αποδεικνύεται σε μεγάλες συγκριτικές μελέτες. Όλες οι μέχρι τώρα μεγάλες μελέτες δείχνουν ότι η daVinci πυελοπλαστική παρουσιάζει γρηγορότερη επάνοδο της ανάρρωσης και χαμηλότερα ποσοστά πόνου σε σύγκριση με τους ασθενείς που υποβλήθηκαν σε ανοιχτό χειρουργείο. Το κοσμητικό αποτέλεσμα είναι σαφώς καλύτερο με την πλήρη σχεδόν εξάλειψη των ουλών, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό αφού αφορά κυρίως νέα

άτομα.

Είναι σημαντικό να υπογραμμισθεί ότι η επέμβαση με το daVinci δεν εκτελείται από το ρομπότ αλλά ο χειρουργός έχει πάντα τον απόλυτο έλεγχο κάθε χειρουργικού βήματος με την βοήθεια της ρομποτικής χειρουργικής πλατφόρμας.

Πως εκτελείται η daVinci πυελοπλαστική;

Η ρομποτική πυελοπλαστική εκτελείται υπό γενική αναισθησία. Τοποθετείται αρχικά υπό γενική αναισθησία με κυστεοσκόπηση και με την ταυτόχρονη καθοδήγηση με ακτινοσκοπικό μηχάνημα ένας ουρητηρικός καθετήρας το λεγόμενο Pig-Tail. Ο ασθενής τοποθετείται αρχικά σε γυναικολογική θέση. Σε περίπτωση που τοποθετήθηκε παλιότερα ένας τέτοιος καθετήρας αλλάζει αυτός προεγχειρητικά. Ο σκοπός που τοποθετούμε το Pig-Tail προεγχειρητικά και ξεχωριστά από την επέμβαση της πυελοπλαστικής είναι:

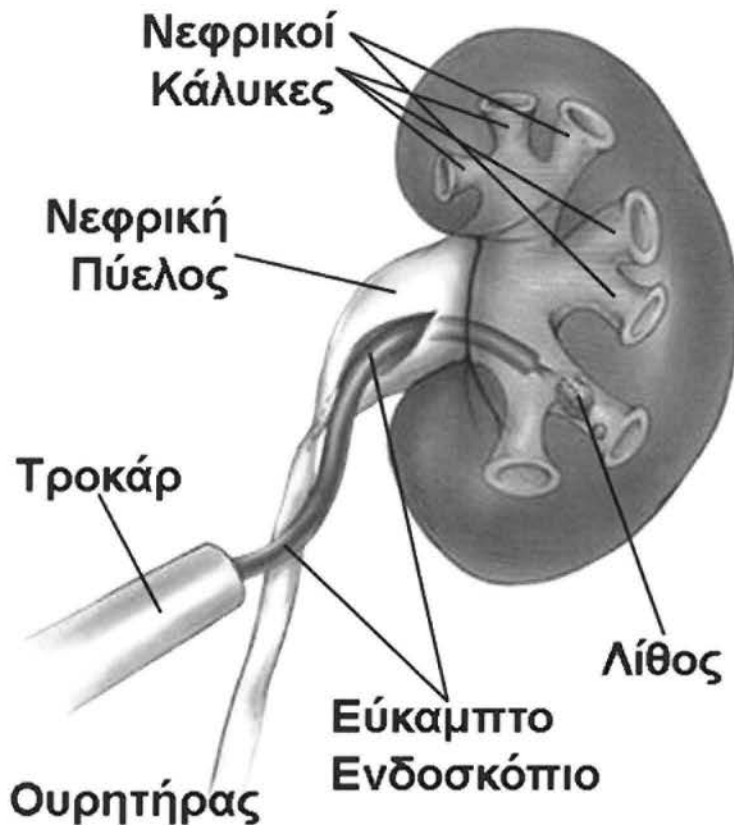
- ευκολότερη και πιο σίγουρη τοποθέτηση μ' αυτόν τον τρόπο
- ακρίβεια και έλεγχος για την σωστή τοποθέτηση του ουρητηρικού καθετήρα
- δυνατότητα για σκιαγράφιση στο ακτινογραφικό μηχάνημα του είδους, της θέσης και έκτασης της στένωσης
- μαρκάρισμα του ουρητήρα (γίνεται πιο εμφανής) κατά την ρομποτική επέμβαση

Η κυστεοσκοπική τοποθέτηση του Pig-Tail μαζί με την ανιούσα πυελογραφία διαρκεί περίπου 20-30 λεπτά.

Κατόπιν ο ασθενής τοποθετείται σε πλάγια νεφρική θέση για την διενέργεια της ρομποτικής πυελοπλαστικής. Αν και ο χειρουργικός χρόνος διαφέρει από ασθενή σε ασθενή, ο μέσος όρος χειρουργικού χρόνου κυμαίνεται από 1 έως 1,5 ώρα. Κατά την ρομποτική πυελοπλαστική 3 ή 4 μικρές οπές μικρότερες του ενός εκατοστού πραγματοποιούνται στην πάνω κοιλιά (δεξιά ή αριστερά), μέσα από τις οποίες περνούν ειδικοί σωληνίσκοι (τα λεγόμενα τροκάρ), οι οποίοι επιτρέπουν την ταχεία είσοδο και έξοδο των λαπαροσκοπικών και ρομποτικών εργαλείων στο εσωτερικό της κοιλιάς του ασθενή.

Η κοιλιά γεμίζει με το αδρανές αέριο διοξείδιο του άνθρακα δημιουργώντας έτσι ένα μεγαλύτερο χώρο εργασίας στον χειρουργό για να ολοκληρώσει την επέμβαση. Αυτό το αέριο εκκενώνεται από την κοιλιά στο τέλος του χειρουργείου. Ο χειρουργός χειρίζεται 3 πολύ-αρθρωτά όργανα για να φέρει σε πέρας με ακρίβεια, λεπτότητα και σταθερότητα το δύσκολο έργο του διαχωρισμού των ιστών, της αιμόστασης, της κοπής και συρραφής με την ίδια και ανώτερη δεξιότητα από εκείνη του ανθρώπινου καρπού. Ο προσβεβλημένος νεφρός παρασκευάζεται και αποκαλύπτεται. Η περιοχή της στένωσης εντοπίζεται και διατέμνεται. Στην περίπτωση που υπάρχει διασταυρούμενο αγγείο, αυτό διατηρείται και η επιδιόρθωση της στένωσης μεταφέρεται από την οπίσθια προς την πρόσθια πλευρά του αγγείου για την αποφυγή της πίεσης στην πυελοουρητηρική συμβολή μ' αποτέλεσμα την υποτροπή της απόφραξης. Στους ασθενείς που έχουν αναπτυχθεί πέτρες στα νεφρά σαν αποτέλεσμα

της χρόνιας απόφραξης στην ροή των ούρων λόγω της στένωσης στην πυελοουρητηρική συμβολή, αυτές οι πέτρες μπορούν να αφαιρεθούν είτε με την βοήθεια των ρομποτικών εργαλείων είτε εφόσον οι πέτρες είναι χωμένες βαθιά μέσα στους κάλυκες με την βοήθεια εύκαμπτου ενδοσκοπίου χρησιμοποιώντας ειδικό καλαθάκι για την σύλληψη και εξαγωγή των λίθων.



Εικ. 2.39 Εύκαμπτο ενδοσκόπιο εισέρχεται κατά την διάρκεια της ρομποτικής πυελοπλαστικής για την αφαίρεση των λίθων από το εσωτερικό του νεφρού

Η “ξεχειλωμένη” νεφρική πύελος κόβεται και ο ουρητήρας διατέμνεται στην μέση και στην συνέχεια συρράπτονται μεταξύ τους με σκοπό την δημιουργία μίας νέας ευρείας και χωνοειδούς συμβολής. Μία λεπτή παροχέτευση τοποθετείται για 2 με 3 ημέρες στην περιοχή της επέμβασης για να εκκενώνει τα υγρά της επέμβασης και εξέρχεται διαμέσου μίας από τις οπές των τροκάρ. Επίσης τοποθετείται ένας καθετήρας για 1 με 2 ημέρες διαμέσου της ουρήθρας στην ουροδόχο κύστη λειτουργώντας σαν γέφυρα για την γρήγορη επούλωση της αναστόμωσης, της συρραφής ανάμεσα στην πύελο και στον ουρητήρα. Το Pig-Tail αφαιρείται 4 με 6 εβδομάδες μετά την ρομποτική επέμβαση με μία απλή κυστεοσκόπηση σε μέθη και ακολουθεί τις επόμενες ημέρες η διενέργεια μία πυελογραφίας για τον έλεγχο του αποτελέσματος. Οι οπές των τροκάρ και η μικρή τομή, μέσα από την οποία πέρασε ο πλαστικός σάκος που περιείχε τον προστάτη, συρράπτονται χρησιμοποιώντας

τεχνικές πλαστικής χειρουργικής για ελαχιστοποίηση των ουλών. Τα σημάδια της επέμβασης απορροφούνται ταχύτατα και ένα μήνα μετά φαίνονται μόνο ελάχιστα.³⁹

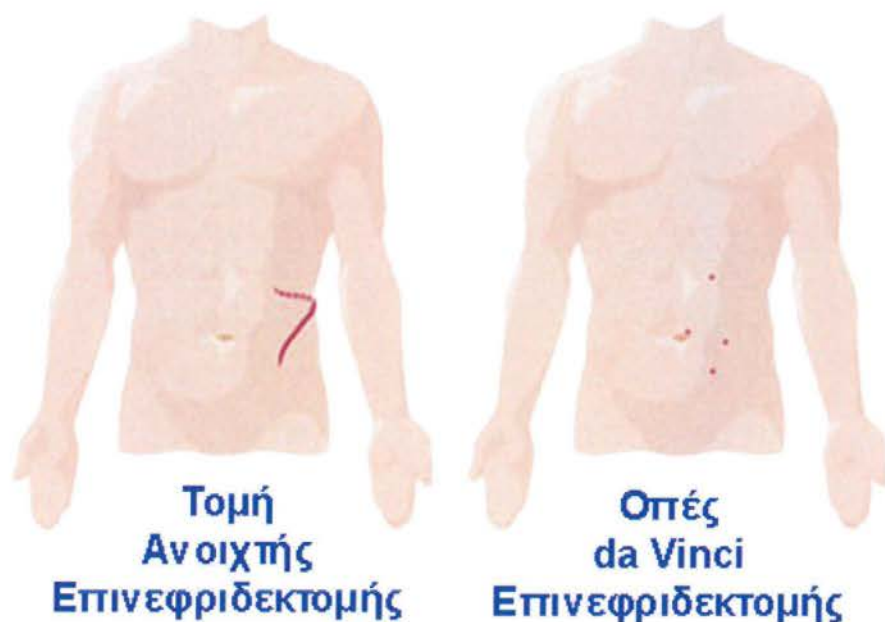
2.4.4.9 Επινεφριδεκτομή

Πότε γίνεται η ρομποτική επινεφριδεκτομή;

Όταν το επινεφρίδιο παρουσιάζει όγκους, οι οποίοι πρέπει να αφαιρεθούν χειρουργικά, δηλαδή όταν υπάρχει:

- Ορμονοπαραγωγικός καλοήθης όγκος του επινεφριδίου (αδένωμα επινεφριδίου, φαιοχρωμοκύττωμα).
- Μη ορμονοπαραγωγική καλοήθη υπερπλασία του επινεφριδίου (πάνω από 4 εκατοστά σε μέγεθος). Συνήθως αφορά τυχαίο εύρημα στον υπέρηχο ή στην αξονική τομογραφία γι' αυτό και αυτός ο όγκος του επινεφριδίου ονομάζεται "τυχαία ευρισκόμενος όγκος" (incidentaloma). Το επινεφρίδιο πρέπει να αφαιρεθεί όταν ο "τυχαία ευρισκόμενος όγκος" ξεπεράσει τα 4 εκατοστά ή μεγαλώνει συνεχώς σε μέγεθος κατά την διάρκεια της παρακολούθησης. Τότε η πιθανότητα μίας κακοήθειας είναι πολύ μεγάλη και η επινεφριδεκτομή πρέπει να γίνει άμεσα.
- Κακοήθης όγκος του επινεφριδίου (καρκίνωμα επινεφριδίου), ο οποίος μπορεί να είναι πρωτοπαθής ή δευτεροπαθής.
- Σε πρωτοπαθείς κακοήθεις όγκους, η ρομποτική ή λαπαροσκοπική επινεφριδεκτομή δεν συνιστάται απόλυτα γιατί οι όγκοι αυτοί είναι πολύ μεγάλοι σε μέγεθος (πάνω από 5-6 εκατοστά) και παρουσιάζουν πολλές συμφύσεις με τα γειτονικά όργανα λόγω της έντονης κακοήθειας τους.
- Αντίθετα, στους δευτεροπαθείς ή μεταστατικούς όγκους των επινεφριδίων, που μπορεί να προέρχονται από μεταστάσεις από τον πνεύμονα, τον μαστό, τον νεφρό ή το δέρμα, η ρομποτική επινεφριδεκτομή έχει απόλυτη θέση, γιατί οι όγκοι αυτοί είναι συνήθως μικρότεροι και δεν μπορούν να διαχωρισθούν προεγχειρητικά από έναν καλοήθη όγκο.

³⁹Πυελοπλαστική. [Ηλεκτρονικό] <http://www.poulakis-urology.com/da-vinci-ourologikes-epembaseis/da-vinci-pieloplastiki>.



Εικ. 2.40 Τοποθέτηση των μικροτομών σε μία επέμβαση επινεφριδεκτομής με το daVinci (δεξιά) σε σχέση με την κλασική τομή της ανοιχτής χειρουργικής μεθόδου (αριστερά)

Γενικά για την daVinci επινεφριδεκτομή

Η daVinci αφαίρεση του επινεφριδίου γίνεται σήμερα ολοένα και πιο δημοφιλής τόσο στις ΗΠΑ όσο και στην Ευρώπη. Χάρη στην αλματώδη ανάπτυξη της χειρουργικής τεχνολογίας είναι δυνατή η ευρεία εφαρμογή και προσφορά της ελάχιστα επεμβατικής προοπτικής για την αφαίρεση του επινεφριδίου – την daVinci επινεφριδεκτομή.

Είναι πια πραγματικότητα μεγάλες χειρουργικές επεμβάσεις να εκτελούνται μέσω μικρών οπών. Η διαφορά ανάμεσα στη ανοιχτή και ρομποτική επινεφριδεκτομή. Ανώδυνη και ελάχιστα τραυματική προσέγγιση!

Είναι πια πραγματικότητα μεγάλες και πολύπλοκες χειρουργικές επεμβάσεις να εκτελούνται μέσω μικρών οπών (μικροσκοπικών τομών). Έτσι εξασφαλίζονται τα πλεονεκτήματα της οριστικής και πλήρους θεραπείας με την δυνατότητα για:

- Σημαντικά λιγότερο πόνο
- Συντομότερη παραμονή στο νοσοκομείο
- Γρηγορότερη επιστροφή στις καθημερινές δραστηριότητες
- Δυνατότητα για καλύτερα κλινικά αποτελέσματα.

Η ακρίβεια των χειρισμών, η δυνατότητα να υπάρχουν μέσα στην κλειστή κοιλιά του ασθενούς δύο μικροσκοπικά χεράκια που εκτελούν με την ίδια και μεγαλύτερη ευλυγισία και ελευθερία τις κινήσεις του ανθρώπινου καρπού, η μεγεθυμένη κατά 10-15 φορές όραση, η τρισδιάστατη εικόνα και ο έλεγχος που παρέχει το ρομποτικό σύστημα daVinci συμβάλει στην αποτελεσματική αφαίρεση του επινεφριδίου εξαφανίζοντας σημαντικά τα ενοχλητικά συμπτώματα που προκαλούσε ο όγκος του επινεφριδίου. Σχετικά με την πλήρη αφαίρεση του επινεφριδίου η daVinci επινεφριδεκτομή εμφανίζει παρόμοια αποτελέσματα σε σύγκριση με την ανοιχτή χειρουργική θεραπεία. Είναι σημαντικό να υπογραμμισθεί ότι η επέμβαση με το daVinci δεν εκτελείται από το ρομπότ αλλά ο χειρουργός έχει πάντα τον απόλυτο έλεγχο κάθε χειρουργικού βήματος με την βοήθεια της ρομποτικής χειρουργικής πλατφόρμας.

Πως εκτελείται η daVinci επινεφριδεκτομή;

Η ρομποτική αφαίρεση του επινεφριδίου εκτελείται υπό γενική αναισθησία. Αν και ο χειρουργικός χρόνος διαφέρει από ασθενή σε ασθενή, ο μέσος όρος χειρουργικού χρόνου κυμαίνεται από 1,5 έως 2 ώρες. Κατά την ρομποτική αφαίρεση του επινεφριδίου, 3 με 4 μικρές οπές μικρότερες του ενός εκατοστού πραγματοποιούνται στην πάνω κοιλιά μέσα από τις οποίες περνούν ειδικοί σωληνίσκοι (τα λεγόμενα τροκάρ) οι οποίες επιτρέπουν την ταχεία είσοδο και έξοδο των λαπαροσκοπικών και ρομποτικών εργαλείων στο εσωτερικό της κοιλιάς του ασθενή. Η κοιλιά γεμίζει με το αδρανές αέριο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) δημιουργώντας έτσι ένα μεγαλύτερο χώρο εργασίας στον χειρουργό για να ολοκληρώσει την επέμβαση. Το αέριο αυτό εκκενώνεται από την κοιλιά στο τέλος του χειρουργείου. Ο χειρουργός χειρίζεται 3 πολύ-αρθρωτά όργανα για να φέρει σε πέρας με ακρίβεια, λεπτότητα και σταθερότατο δύσκολο έργο του διαχωρισμού των ιστών, της αιμόστασης, της κοπής και συρραφής με την ίδια και ανώτερη δεξιότητα από εκείνη του ανθρώπινου καρπού. Πολύ-αρθρωτά ρομποτικά εργαλεία επιτρέπουν στον ουρολόγο να χειρουργεί μέσα στο σώμα του ασθενή χωρίς να έχει ανοίξει την κοιλιά με την ίδια ικανότητα σαν να έχει δύο μικροσκοπικά ανθρώπινα χέρια. Επιπλέον ο χειρουργός ελέγχει μία στερεοσκοπική οπτική (λαπαροσκόπιο) που συνδέεται μία υψηλής ευκρίνειας κάμερα η οποία εξασφαλίζει μία τρισδιάστατη υψηλής ευκρίνειας (HighDefinition, HD) όραση της εσωτερικής ανατομίας του ασθενή μεγεθυμένη κατά 10 έως 15 φορές. Ένας έμπειρος χειρουργός λειτουργεί σαν βοηθός και στέκεται δίπλα στο χειρουργικό τραπέζι βοηθώντας τον ρομποτικό χειρουργό κρατώντας ανοιχτό το χειρουργικό πεδίο, αναρροφώντας και καθαρίζοντας, χρησιμοποιώντας όργανα που εισέρχονται μέσα από τα δύο βοηθητικά τροκάρ. Το ρομποτικό σύστημα daVinci προσαρμόζεται στα τροκάρ πριν την έναρξη της επέμβασης. Με τον ρομποτικό χειρουργό να κάθεται μόλις ελάχιστα μέτρα δίπλα από το χειρουργικό τραπέζι στην χειρουργική κονσόλα, τα ρομποτικά όργανα ελέγχονται από τον χειρουργό σε πραγματικό χρόνο με υψηλή ακρίβεια κλιμακωτής κίνησης.

Το επινεφρίδιο παρασκευάζεται και απελευθερώνεται από τους γύρω ιστούς και όργανα. Ο σκοπός είναι ν' αφαιρεθεί πλήρως ο όγκος, το επινεφρίδιο μαζί με το περιβάλλον λίπος και τους γύρω λεμφαδένες χωρίς να μείνει τίποτα υπόλοιπο και χωρίς να τραυματισθούν τα γειτονικά όργανα, όπως πχ ο σπλήνας, ο νεφρός, το συκώτι και τα μεγάλα αγγεία της κοιλιάς. Οι ιστοί που αφαιρέθηκαν τοποθετούνται

σε πλαστικό σάκο, ο οποίος αφαιρείται ανέπαφος στο τέλος της επέμβασης διαμέσου μίας από τις προϋπάρχουσες οπές, αφού διευρυνθεί τόσο ώστε να χωράει να εξέλθει. Το επινεφρίδιο αποστέλλεται για βιοψία (παθολογοανατομική εξέταση).⁴⁰

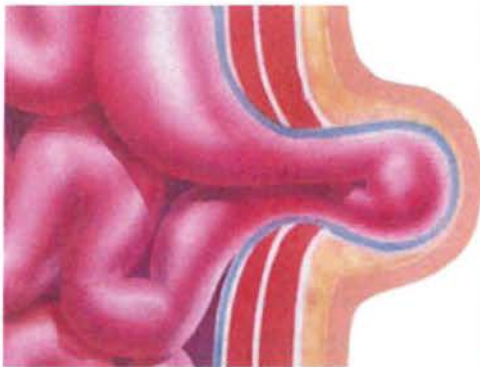
2.4.4.10 Αντιμετώπιση Βουβωνοκήλης

Τι είναι κήλη, που οφείλεται και ποια τα συμπτώματά της;

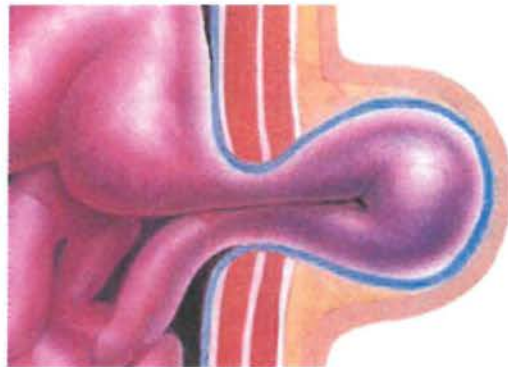
Κήλη ονομάζεται η προβολή και πρόπτωση ενός σπλάχνου, ή συνηθέστερα, μέρος αυτού εκτός της ανατομικής θέσης του, μέσω ενός φυσιολογικού ή παθολογικού στομίου. Μ' άλλα λόγια η κήλη αποτελεί ένα σοβαρό ανατομικό πρόβλημα μίας περιοχής του σώματος, όπου το τοίχωμα που περιβάλλει ένα σπλάχνο εξασθενεί ή διασπάται μ' αποτέλεσμα την προβολή του σπλάχνου αυτού προς τα έξω ή σ' ένα γειτονικό χώρο. Γενικά κήλη μπορεί να παρουσιαστεί οπουδήποτε και ν' αφορά οποιοδήποτε σπλάχνο:

- Συνήθως η κήλη αφορά ένα ενδοκοιλιακό όργανο, συνήθως έντερο, το οποίο προπίπτει προς τα έξω λόγω εξασθένησης του κοιλιακού τοιχώματος.
- Μπορεί όμως η πρόπτωση ενδοκοιλιακού οργάνου να γίνεται προς άλλη κοιλότητα πχ προς τον θώρακα λόγω εξασθένησης του διαφράγματος.
- Σπανιότερα αφορά πρόπτωση άλλων οργάνων εκτός της κοιλιάς (πχ νωτιαίου μυελού ή περιβλημάτων αυτού όπως είναι οι μήνιγγες) προς τα έξω (μηνιγγο-μυελοκήλη)

ΚΗΛΗ είναι η πρόπτωση εντέρου ή άλλου κοιλιακού σπλάχνου διαμέσου χάσματος του κοιλιακού τοιχώματος



Μη ανατασσόμενη κήλη:
το έντερο έχει παγιδευτεί
και δεν μπορεί να
επιστρέψει πίσω στην
κοιλιά



Περισφιγμένη Κήλη:
το έντερο έχει στραγγαλιστεί
και φλεγμαίνει,
κίνδυνος νέκρωσης εντέρου!

Εικ. 2.41 Μη ανατασσόμενη (αριστερά) και περισφιγμένη κήλη (δεξιά)

⁴⁰Επινεφριδεκτομή. [Ηλεκτρονικό] <http://www.poulakis-urology.com/da-vinci-ourologikes-epembaseis/da-vinci-epinefridektomi>.

Γενικά για την daVinci αντιμετώπιση της βουβωνοκήλης

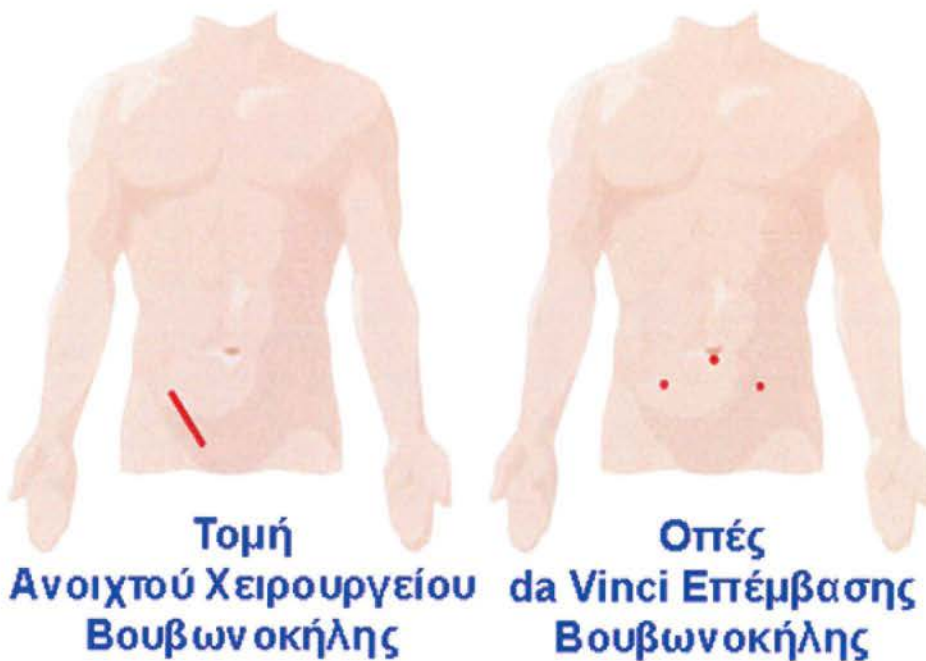
Χάρης στην αλματώδη ανάπτυξη της χειρουργικής τεχνολογίας είναι δυνατή η ευρεία εφαρμογή και προσφορά της ελάχιστα επεμβατικής προοπτικής για την αντιμετώπιση της βουβωνοκήλης – την daVinci αντιμετώπιση της βουβωνοκήλης με πλέγμα. Στην θεραπεία της βουβωνοκήλης η χειρουργική εργασία στην κλίμακα του χιλιοστού κάνει την διαφορά. Πρόκειται για μικροχειρουργική. Η πλήρη ανάταξη του περιεχομένου της κήλης με την ενίσχυση του κοιλιακού τοιχώματα με τοποθέτηση πλέγματος απαιτεί ιδιαίτερη ακρίβεια και “μαστοριά” στους χειρισμούς των ρομποτικών εργαλείων.

Πως εκτελείται η daVinci αντιμετώπιση της βουβωνοκήλης;

Υπό γενικήνάρκωσηλαπαροσκοπικά, χωρίς να απαιτείται η διάνοιξη του κοιλιακού τοιχώματος και εξωπεριτοναϊκά δηλαδή στην περιοχή της ελάσσονος πυέλου και εκτός του ενδοκοιλιακού χώρου. Ένα διατατικό μπαλόνι φροντίζει για την απώθηση του περιτοναίου και του περιεχομένου του (έντερο) και την δημιουργία ενός τεχνητού κοίλου χώρου εκτός περιτοναίου στην κάτω κοιλία ανοίγοντας έτσι τον δρόμο προς τον προστάτη. Χάριν σ’ αυτή την εξωπεριτοναϊκή τεχνική παρακάμπτονται τελείως τα ενδοκοιλιακά όργανα και ο κίνδυνος τραυματισμού τους είναι ανύπαρκτος. Τρεις μικρές οπές μικρότερες του ενός εκατοστού πραγματοποιούνται στην κάτω κοιλιά μέσα από τις οποίες περνούν ειδικοί σωληνίσκοι (τα λεγόμενα τροκάρ) οι οποίες επιτρέπουν την ταχεία είσοδο και έξοδο των λαπαροσκοπικών και ρομποτικών εργαλείων στο εσωτερικό της κοιλιάς του ασθενή. Για την εξασφάλιση ικανού χώρου εργασίας ο εξωπεριτοναϊκός χώρος παραμένει διατεταμένος με την συνεχή εισροή ενός αδρανούς αερίου (διοξειδίου του άνθρακα, CO₂) που εισάγεται με χαμηλή πίεση και ροή μέσα από μία από τις οπές που δημιουργούνται. Το αέριο αυτό εκκενώνεται από την κοιλιά στο τέλος του χειρουργείου.

Μία κάμερα δίνει την δυνατότητα στους χειρουργούς να παρατηρούν το χειρουργικό πεδίο σε μία οθόνη με μία μεγέθυνση 10 έως 15 φορές μεγαλύτερη του φυσιολογικού. Έτσι μπορεί να εκτελεστεί η επέμβαση με μεγάλη ακρίβεια, καθαρότητα και με ελάχιστο τραυματισμό των ευαίσθητων οργάνων. Ρομποτικά, με την βοήθεια του ρομποτικού συστήματος daVinci, όπου ο χειρουργός χειρίζεται 3 πολύ-αρθρωτά όργανα για να φέρει σε πέρας με ακρίβεια, λεπτότητα και σταθερότατο δύσκολο έργο του διαχωρισμού των ιστών, της αιμόστασης, της κοπής και συρραφής με την ίδια και ανώτερη δεξιότητα από εκείνη του ανθρώπινου καρπού. Πολύ-αρθρωτά ρομποτικά εργαλεία επιτρέπουν στον Χειρουργό μέσα στο σώμα του ασθενή με την ίδια ικανότητα σαν να έχει δύο μικροσκοπικά ανθρώπινα χέρια. Επιπλέον ο χειρουργός ελέγχει μία στερεοσκοπική οπτική που συνδέεται μία υψηλής ευκρίνειας κάμερα η οποία εξασφαλίζει μία τρισδιάστατη υψηλής ευκρίνειας (HighDefinition, HD) όραση της εσωτερικής ανατομίας του ασθενή. Ένας έμπειρος χειρουργός λειτουργεί σαν βοηθός και στέκεται δίπλα στο χειρουργικό τραπέζι βοηθώντας τον ρομποτικό

χειρουργό κρατώντας ανοιχτό το χειρουργικό πεδίο, αναρροφώντας και καθαρίζοντας, χρησιμοποιώντας όργανα που εισέρχονται μέσα από τα δύο βοηθητικά τροκάρ. Το ρομποτικό σύστημα daVinci προσαρμόζεται στα τροκάρ πριν την έναρξη της επέμβασης. Με τον ρομποτικό χειρουργό να κάθεται μόλις ελάχιστα μέτρα δίπλα από το χειρουργικό τραπέζι στην χειρουργική κονσόλα, τα ρομποτικά όργανα ελέγχονται από τον χειρουργό σε πραγματικό χρόνο με υψηλή ακρίβεια κλιμακωτής κίνησης. Ο σάκος της βουβωνοκήλης παρασκευάζεται και απελευθερώνεται από τους γύρω ιστούς και όργανα. Ο σκοπός είναι ν' αναταθεί πλήρως το περιεχόμενο της βουβωνοκήλης και να "επιστρέψει" στο εσωτερικό της κοιλιάς χωρίς τραυματισμό των γειτονικών οργάνων. Κατόπιν ενισχύεται το κοιλιακό τοίχωμα και κλείνεται το στόμιο της βουβωνοκήλης τοποθετώντας ένα πλέγμα, το οποίο σαν δίχτυ στερεώνει το αδύνατο κοιλιακό τοίχωμα και ταυτόχρονα εμποδίζει την εκ νέου πρόπτωση των ενδοκοιλιακών οργάνων. Για να αποφευχθεί ο τραυματισμός νεύρων τα πλέγμα δεν καθηλώνεται με κλιπ, τα οποία μπορεί να "πιάσουν κατά λάθος" νευρικές ίνες, αλλά διαμορφώνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να παραμένει από μόνο του στην θέση του, χωρίς να χαλαρώνει. Επιπλέον μετά την αφαίρεση του αερίου, το περιτόναιο πέφτει πάνω στο πλέγμα και το διατηρεί στην θέση του. Συνήθως δεν χρειάζεται να τοποθετηθεί παροχέτευση στην περιοχή της επέμβασης ούτε καθετήρας στην ουροδόχο κύστη. Οι οπές των τροκάρ συρράπτονται χρησιμοποιώντας τεχνικές πλαστικής χειρουργικής για ελαχιστοποίηση των ουλών. Τα σημάδια της επέμβασης απορροφούνται ταχύτατα και ένα μήνα μετά φαίνονται μόνο ελάχιστα. Αν και ο χειρουργικός χρόνος διαφέρει από ασθενή σε ασθενή, ο μέσος όρος χειρουργικού χρόνου κυμαίνεται από 45 λεπτά έως 1,5 ώρα ανάλογα αν διενεργηθεί επέμβαση από την μία ή και από τις δύο πλευρές.⁴¹



Εικ. 2.42 Τοποθέτηση των μικροτομών σε μία επέμβαση βουβωνοκήλης με το daVinci (δεξιά) σε σχέση μετην κλασική τομή της ανοικτής χειρουργικής μεθόδου (αριστερά)

⁴¹ Αντιμετώπιση Βουβωνοκήλης. [Ηλεκτρονικό] <http://www.poulakis-urology.com/da-vinci-ourologikes-epembaseis/vouvonokili-plegma>.

2.4.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του συστήματος daVinci

Δεκάδες χιλιάδες επεμβάσεις έχουν ήδη πραγματοποιηθεί παγκοσμίως με το χειρουργικό σύστημα daVinci της Intuitive Surgical και σε όλες τις περιπτώσεις η ρομποτική μέθοδος υπερτερούσε της λαπαροσκοπικής κατά την εκτέλεση αναστομών και ιδιαίτερα σε “δυσπρόσιτες” κοιλότητες του σώματος. Αυτό οφείλεται κυρίως στην τρισδιάστατη απεικόνιση του χειρουργικού πεδίου και τον μεγάλο βαθμό ελευθερίας κινήσεων των ρομποτικών βραχιόνων, που μοιάζουν με αυτές του ανθρώπινου καρπού. Επιπλέον, οι χειρουργοί έχουν θεωρητικά τη δυνατότητα να εκτελέσουν με το σύστημα daVinci ασφαλείς επεμβάσεις από μεγάλες αποστάσεις. Εντούτοις, η βελτιστοποίηση του συστήματος για τέτοιου είδους επεμβάσεις τηλεχειρουργικής δεν αποτελεί προς το παρόν πρωταρχικό σκοπό της κατασκευάστριας εταιρείας.

Για το λόγο αυτό, η συγκεκριμένη δυνατότητα δεν είναι προς το παρόν ενσωματωμένη στις διαθέσιμες εκδόσεις του συστήματος. Για τον ασθενή μία εγχείρηση με τη χρήση του ρομποτικού συστήματος daVinci προσφέρει όλα τα πιθανά οφέλη μίας ελάχιστα επεμβατικής διαδικασίας, η οποία περιλαμβάνει λιγότερο πόνο, μικρότερη απώλεια αίματος – και κατά συνέπεια μικρότερη ανάγκη για μετάγγιση αίματος – λιγότερο φόβο και μικρότερη πιθανότητα μολύνσεων. Το σύστημα daVinci μειώνει την παραμονή στο νοσοκομείο περίπου κατά το ήμισυ, με επακόλουθη συνέπεια τον περιορισμό του κόστους νοσηλείας του ασθενούς και την ταχύτερη επιστροφή του στις καθημερινές του δραστηριότητες. Αν και το μέγεθος του συστήματος δεν είναι αρκετά μικρό ακόμα για την εκτέλεση καρδιακών επεμβάσεων σε παιδιά, η ελάχιστα επεμβατική μέθοδος του daVinci δεν αφήνει μεγάλες μετεγχειρητικές ουλές και για το λόγο αυτό εφαρμόζεται και σε μερικές επεμβάσεις ανηλίκων.

Τα βασικότερα μειονεκτήματα της τεχνολογίας αυτής είναι ο χρόνος που απαιτείται για την εκπαίδευση των ειδικευόμενων χειρουργών, ο όγκος και το υψηλό κόστος του συστήματος. Αν και η κατασκευάστρια εταιρεία παρέχει ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης, απαιτούνται συνήθως 12 με 18 επεμβάσεις σε ασθενείς για να μπορέσουν οι νέοι χειρουργοί να εξοικειωθούν με τη χρήση του συστήματος. Το σημαντικότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι χειρουργοί κατά τη φάση της εκπαίδευσής τους με το ρομποτικό σύστημα daVinci είναι η έλλειψη της αίσθησης της αφής, της ικανότητας δηλαδή να “αισθάνονται” τους ανθρώπινους ιστούς. Ο μεγάλος όγκος του συστήματος περιορίζει την πρόσβαση στον ασθενή, ενώ το υψηλό κόστος αγοράς και συντήρησής του περιορίζει προς το παρόν την ευρεία διάδοση της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια ενδεικτικά στοιχεία που αφορούν το συνολικό κόστος αγοράς και συντήρησης του ρομποτικού συστήματος daVinci καθώς και τις μεταβολές στα κόστη των χειρουργικών επεμβάσεων στεφανιαίας παράκαμψης που προκύπτουν από τη χρήση του.⁴²

⁴² Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του συστήματος daVinci. [Ηλεκτρονικό]
http://biomed.brown.edu/Courses/BI108/BI108_2005_Groups/04/davinci.html.

Κόστος αγοράς	\$1.000.000
Ετήσιο κόστος συντήρησης	\$100.000
Κόστος εκπαίδευσης ιατρών	\$250.000
Συνολικό κόστος	\$1.350.000
Ημερήσιο κόστος νοσηλείας ανά ασθενή	\$2.000
Μείωση χρόνου νοσηλείας ανά ασθενή για επεμβάσεις καρδιάς (ημέρες)	4.5
Συνολική μείωση κόστους νοσηλείας ανά επέμβαση καρδιάς	\$9.000
Επιπλέον κόστος επέμβασης με το σύστημα da Vinci	\$2.000
Επιπλέον χειρουργική βοήθεια με τέταρτο ρομποτικό βραχίονα (ο ετήσιος μισθός μίας επιπλέον νοσοκόμας χειρουργείου είναι \$80.610)	\$175.000

Εικ. 2.43 Συνολικό κόστος του συστήματος Da Vinci

2.5 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα Ρομποτικής Χειρουργικής

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.
- Εξασφαλίζει στον χειρουργό 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.
- 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 ελάχιστη επεμβατική και ελάχιστη 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 (διαπύηση, 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.

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 βραχιόνες 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 ανίκανα 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 (tactilefeedback). 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.⁴³

⁴³Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα Ρομποτικής Χειρουργικής. [Ηλεκτρονικό]
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1356187/>.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Μελλοντικές επεκτάσεις και εφαρμογές

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. Φαίνεται ότι τα ρομποτικά συστήματα ήρθαν για να παραμείνουν στη χειρουργική αίθουσα, ίσως όχι με τη μορφή που έχουν σήμερα.

Πως όμως θα μοιάζουν τα χειρουργικά ρομπότ του αύριο;

Ως φιλοσοφία, η Ρομποτική Χειρουργική είναι το «όχημα» που φέρνει αμέσως στο χειρουργείο όλες τις τεχνολογικές εξελίξεις. Χάρη στη Ρομποτική κάθε νέα τεχνολογία στον τομέα της βιοτεχνολογίας, θα προστίθεται στις νεότερες γενιές χειρουργικών ρομπότ. Ένα πρώτο βήμα προς το μέλλον έγινε ήδη από τις αρχές του 2011 με τις πρώτες ρομποτικές επεμβάσεις μιας μόνο μικροτομής, στις οποίες το Ιατρικό κέντρο Αθηνών πρωτοστάτησε διεθνώς. Φαίνεται λοιπόν, ότι τα μελλοντικά ρομποτικά συστήματα θα χειρουργούν μέσω μιας μόνο μικροτομής με εύκαμπτα εργαλεία. Το μέγεθός τους θα μικρύνει, ενώ αναμένεται η τεχνολογία που θα προσθέτει την αίσθηση της αφής (απτική ανάδραση) που αυτή τη στιγμή δεν διαθέτει ο χειρουργός που τα χρησιμοποιεί.

Νέα ρομποτικά εργαλεία με «έξυπνες» αρθρώσεις παρουσιάζονται κάθε χρόνο από την κατασκευάστρια εταιρεία (λαβίδες, κοπτορράπτες, αναρροφήσεις). Πρόσφατα, παρουσιάστηκε η τεχνολογία «firefly» η οποία ακολουθώντας την έγχυση ειδικής φθορίζουσας ουσίας στην κυκλοφορία του ασθενούς, μπορεί να απεικονίσει σε ειδική κάμερα λεπτομερώς το σύστημα των χοληφόρων, το αγγειακό δίκτυο και σε συγκεκριμένα περιστατικά τους προσβεβλημένους λεμφαδένες που πρέπει να αφαιρεθούν. Διεγχειρητικά ένα τέτοιο εργαλείο θα μπορούσε να αποδειχτεί πολύ μεγάλης σημασίας, εφόσον σήμερα οι περισσότεροι χειρισμοί βασίζονται σε εκτεταμένη παρασκευή (διαχωρισμό) των ιστών, στην καλή γνώση της ανατομίας και στην εμπειρία του χειρουργού. Με την παραπάνω μέθοδο, ο χειρουργός αποκτά ορατούς «στόχους» στο πεδίο του.

Επιπρόσθετα, η τεχνολογία της Επαυξημένης Πραγματικότητας επιδιώκει να φέρει ένα πραγματικό, ψηφιακό σύστημα πλοήγησης (navigation) μέσα στα ρομποτικά συστήματα, ανάλογο με αυτό που χρησιμοποιούμε με το GPS στο αυτοκίνητο. Η ανατομία κάθε ασθενούς διαφέρει. Με την επαυξημένη πραγματικότητα οι διαφορές αυτές γίνονται ορατές! Για παράδειγμα, οι ανατομικές αυτές παραλλαγές, όπως λέγονται, μπορούν να φανούν πολύ πριν από το διαχωρισμό των ιστών, έτσι ώστε να τις περιμένει από

νωρίς ο χειρουργός. Η επαυξημένη πραγματικότητα επιτρέπει σε γραφικά τρισδιάστατα μοντέλα της ανατομίας του ασθενούς που προέρχονται από ανασυνθέσεις των αξονικών και μαγνητικών τομογραφιών, να επιπροβάλλονται πάνω στο εγχειρητικό πεδίο με αποτέλεσμα την «επαύξηση» της εικόνας για διεγχειρητική πλοήγηση. Η επαυξημένη πραγματικότητα χρησιμοποιείται εδώ και χρόνια στη νευροχειρουργική, στις λεγόμενες «στερεοτακτικές επεμβάσεις».

Μικροσκοπικά ρομπότ στο μέγεθος ενός γυναικείου κραγιόν έχουν σχεδιαστεί από ερευνητές του Πανεπιστημίου της Νεμπράσκα και αναμένεται, στο εγγύς μέλλον, να δώσουν τη δυνατότητα σε ιατρούς στη γη να πραγματοποιούν χειρουργικές επεμβάσεις σε ασθενείς στο διάστημα. Τα ρομποτικά αυτά συστήματα θα μπορούν να τοποθετηθούν στο σώμα του ασθενούς μέσω μικρών τομών, ενώ ο χειρισμός τους θα είναι εφικτός μέσω υπολογιστή από χειρουργούς που θα βρίσκονται στη γη. Κάποια από τα ρομπότ είναι εξοπλισμένα με κάμερες και φώτα και μπορούν να στέλνουν εικόνες στους χειρουργούς. Άλλα έχουν ενσωματωμένα χειρουργικά εργαλεία, ο χειρισμός των οποίων ελέγχεται από απόσταση. Η NASA έχει ήδη εντάξει στα σχέδιά της την εκπαίδευση των αστροναυτών της στη χρήση αυτών των ρομπότ, έτσι ώστε να είναι δυνατή η εκτέλεση χειρουργικών επεμβάσεων στο διάστημα. Η καθυστέρηση που υπάρχει στην επικοινωνία λόγω της μεγάλης απόστασης επιβάλλει την εκπαίδευση των αστροναυτών από εξειδικευμένους ιατρούς σχετικά με τις εντολές που ενδεχομένως να χρειάζεται αυτοί να δίνουν στα ρομπότ. Πάντως και από τη γη οι χειρουργοί θα είναι σε θέση να χειρίζονται οι ίδιοι τα ρομπότ από διαφορετικές τοποθεσίες.

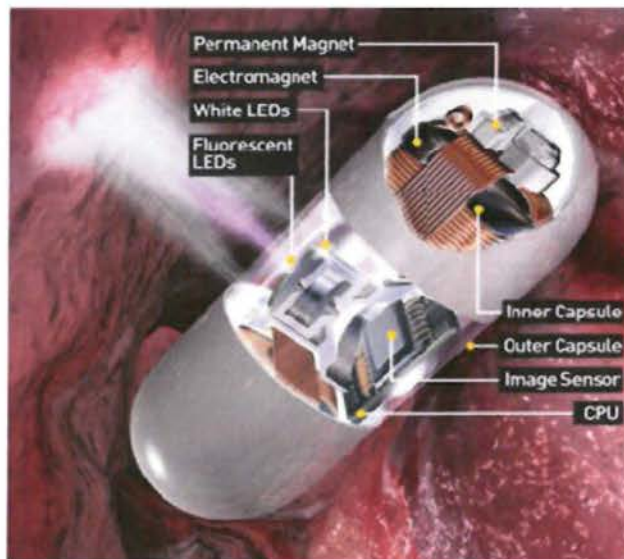


Εικ. 2.44 Ένα μικροσκοπικό ρομπότ

Μικρά σε μέγεθος ρομπότ έχουν ήδη αναπτυχθεί με σκοπό τον έλεγχο και την ενδοσκόπηση της γαστρεντερικής περιοχής. Ο καρκίνος στο κόλον, άλλωστε, αποτελεί μία από τις βασικές αιτίες θανάτου στις βιομηχανοποιημένες χώρες. Η κολonosκόπηση πραγματοποιείται σήμερα με τον χειροκίνητο έλεγχο ενός εύκαμπτου ενδοσκοπίου διαμέτρου μέχρι δύο εκατοστών. Η συγκεκριμένη μέθοδος,

όμως, αποτελούσε ανέκαθεν μία δύσκολη, επικίνδυνη και ιδιαίτερα επώδυνη για τον ασθενή διαδικασία. Κάποιες εναλλακτικές λύσεις φαίνεται να δίνουν μικροσκοπικά ρομπότ, τα οποία είτε με τη μορφή αυτόνομης μικροκάψουλας που καταπίνει ο ασθενής (ενδοσκοπικού χάπιού), είτε με τη μορφή ενός ημιαυτόνομου και αυτοπροωθούμενου κολονοσκόπιου που κινείται βιομιμητικά (προσομειώνοντας την κίνηση π.χ. μίας κάμπιας), εισέρχονται στην περιοχή ενδιαφέροντος, συλλέγουν πληροφορίες και αποστέλλουν δεδομένα και εικόνες στον θεράποντα ιατρό.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ασύρματη κάψουλα ενδοσκόπησης M2A που αναπτύχθηκε από τον Iddan και τους συνεργάτες του το 2000 στο Ισραήλ. Το νέο αυτό σύστημα ενδοσκόπησης διαθέτει άριστη διαγνωστική ικανότητα για ασθένειες του λεπτού εντέρου, αιμορραγίες και χρόνιους πόνους στο υπογάστριο.



Εικ. 2.45 Το “χάπι” ενδοσκόπησης

Το μακρινό μέλλον, είναι πιο δύσκολο να το μαντέψει κανείς. Τότε, θα μπορούσε ίσως ο χειρουργός να βλέπει απομακρυσμένα μόνο τοολόγραμμα του ασθενούς και να καθοδηγεί το ρομπότ ναπραγματοποιήσει την επέμβαση. Οι σκέψεις για ημιαυτόνομους και αυτόνομους ρομποτικούς χειρουργούς, ή ομάδες μικρορομποτικών οχημάτων που συνεργάζονται στο εσωτερικό του σώματος για να κάνουν μία επέμβαση φαίνεται ότι ανήκουν ακόμα στη σφαίρα της επιστημονικής φαντασίας. Όμως, έτσι κάπως δεν ξεκινάνε όλες οι μεγάλες ανακαλύψεις;⁴⁴⁴⁵⁴⁶

⁴⁴ Ρομποτική στη χειρουργική. [Ηλεκτρονικό]

http://www.teiser.gr/icd/staff/fasoulas/Rombotiki_xeirourgiki.pdf.

⁴⁵ Χάπι ενδοσκόπησης. [Ηλεκτρονικό] <http://jco.oxfordjournals.org/content/34/5/227.full>.

⁴⁶ Αφιέρωμα στη ρομποτική χειρουργική. [Ηλεκτρονικό]

<http://www.iatrikokentro.gr/sites/default/files/10%20-%20AFIEROMA%20ROMPOTIKH.pdf>.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Hockstein N, καισυν., καισυν. A history of robots: from science fiction to surgical. [Ηλεκτρονικό] July 2007. <http://www.springerlink.com/content/v1jm28161618p874>.
2. Τάλως. [Ηλεκτρονικό] <http://www.explorecreate.com/mythology/GR-talos.html>.
3. Ρομπότ της αρχαιότητας. [Ηλεκτρονικό] <http://www.oikade.gr/Children/technology/robot/-----1/>.
4. Robonaut. [Ηλεκτρονικό] <http://robonaut.jsc.nasa.gov/default.asp>.
5. Robonaut. [Ηλεκτρονικό] <http://en.wikipedia.org/wiki/Robonaut>.
6. Mars Pathfinder. [Ηλεκτρονικό] http://en.wikipedia.org/wiki/Mars_Pathfinder.
7. Mars Pathfinder. [Ηλεκτρονικό] <http://mars.jpl.nasa.gov/MPF/rover/sojourner.html>.
8. Ρομπότ στην έρευνα. [Ηλεκτρονικό] <https://sites.google.com/site/2lykpolrobot/omada-a/rompot-sten-ereuna>.
9. Ρομπότ και οπλικά συστήματα. [Ηλεκτρονικό] <https://sites.google.com/site/2lykpolrobot/omada-a/rompot-kai-oplika-systemata>.
10. Ρομποτική-εργοστάσια-βιομηχανία. [Ηλεκτρονικό] <https://sites.google.com/site/2lykpolrobot/omada-b/thema-3>.
11. ΙΣΤΟΡΙΑ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ. [Ηλεκτρονικό] <http://www.kkonstantinidis.gr>.
12. Ρομποτική χειρουργική. Παρόν και μέλλον. [Ηλεκτρονικό] http://www.paxysarkia.net/robotic_surgery.htm.
13. Acrobot. [Ηλεκτρονικό] http://www.medgadget.com/2006/02/the_acrobot_sur.html.
14. Acrobot. [Ηλεκτρονικό] http://en.wikipedia.org/wiki/Robotic_surgery.
15. Maco. [Ηλεκτρονικό] <http://www.makosurgical.com/makoplasty>.
16. Neuromate. [Ηλεκτρονικό] <http://www.renishaw.com/en/10712.aspx>.
17. Neuromate. [Ηλεκτρονικό] <http://www.ece.eng.wayne.edu/~apandya/Publications/CAS2002-RobotAccuracy.pdf>.
18. Veebot. [Ηλεκτρονικό] <http://www.care.gr/post/7800/robo-nurse-to-rompot-pou-kanei-aimolipsies>.
19. Veebot. [Ηλεκτρονικό] <http://www.veeboot.com/>.
20. Robotoc. [Ηλεκτρονικό] http://www.robodoc.com/patient_news_pressreleases.html.

21. Cyberknife. [Ηλεκτρονικό]
<http://books.google.gr/books?id=p70afWYqcrMC&pg=PP1&dq=robotics+in+surgery#v=onepage&q=robotics%20in%20surgery&f=false>.
22. HipNav. [Ηλεκτρονικό] http://www.ri.cmu.edu/publication_view.html?pub_id=1773.
23. Navitrak. [Ηλεκτρονικό] http://www.sulzer.com/da/-/media/Documents/Cross_Division/STR/2001/2001_01_17_saegesser_e.pdf..
24. OptoTrack. [Ηλεκτρονικό]
<http://inderscience.metapress.com/content/a43620h8k760568g/>.
25. Τηλεχειρισμός-Τηλεχειρουργική. [Ηλεκτρονικό]
<http://telerobotics.gsfc.nasa.gov/papers/BasanezSuarez2009.pdf>.
26. Zeus. [Ηλεκτρονικό] <http://static.cjp.com/gems/pdfs/2001-6866.pdf>.
27. Zeus. [Ηλεκτρονικό] <http://library.thinkquest.org/03oct/00760/Zeus%20System.htm>.
28. Ρομποτική χειρουργική - Σύστημα Da Vinci. [Ηλεκτρονικό]
<http://www.biomed.ntua.gr/Portals/1/askhsh%204.pdf>.
29. Εκδόσεις Da Vinci. [Ηλεκτρονικό]
http://www.intuitivesurgical.com/products/davinci_surgical_system/davinci_surgical_system_si.
30. Παγκόσμιος αριθμός εγκατεστημένων μονάδων Da Vinci. [Ηλεκτρονικό]
http://g.foolcdn.com/editorial/images/71517/isrginstalls_large.png.
31. Κλινικές εφαρμογές του συστήματος Da Vinci. [Ηλεκτρονικό]
<http://www.biomed.ntua.gr/Portals/1/askhsh%204.pdf>.
32. Προστατεκτομή. [Ηλεκτρονικό] <http://www.poulakis-urology.com/index.php/da-vinci-ourologikes-epembaseis/da-vinci-riziki-prostatektomi>.
33. Υστερεκτομή. [Ηλεκτρονικό] <http://www.queen.gr/YGEIA-FITNESS/YGEIA/item/13598-Rompotikh-cheiroyrgikh-H-apanthsh-sthn-ysterektomh#ixzz2pKnPX8ZL>.
34. Κυστεκτομή. [Ηλεκτρονικό] <http://www.poulakis-urology.com/da-vinci-ourologikes-epembaseis/da-vinci-kistektomi>.
35. Ινομυωμεκτομή. [Ηλεκτρονικό]
<http://www.grafida.net/el/index.php?itemID=15&view=15&pageID=183340>.
36. Χολοκυστεκτομή. [Ηλεκτρονικό] <http://www.gfilippakis.gr/Ρομποτική-Χειρουργική/Ρομποτική-Χολοκυστεκτομή>.
37. Μερική Νεφρεκτομή. [Ηλεκτρονικό] <http://www.poulakis-urology.com/da-vinci-ourologikes-epembaseis/da-vinci-rizikimeriki-nefrektomi>.

38. Αφαίρεση θύμου αδένος με το DaVinci. [Ηλεκτρονικό]
http://medirobotics.blogspot.gr/2012/04/da-vinci_10.html.
39. Πυελοπλαστική. [Ηλεκτρονικό] <http://www.poulakis-urology.com/da-vinci-ouologikes-epembaseis/da-vinci-pieloplastiki>.
40. Επινεφριδεκτομή. [Ηλεκτρονικό] <http://www.poulakis-urology.com/da-vinci-ouologikes-epembaseis/da-vinci-epinefridektomi>.
41. Αντιμετώπιση Βουβωνοκήλης. [Ηλεκτρονικό] <http://www.poulakis-urology.com/da-vinci-ouologikes-epembaseis/vouvonokili-plegma>.
42. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του συστήματος daVinci. [Ηλεκτρονικό]
http://biomed.brown.edu/Courses/BI108/BI108_2005_Groups/04/davinci.html .
43. Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα Ρομποτικής Χειρουργικής. [Ηλεκτρονικό]
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1356187/>.
44. Ρομποτική στη χειρουργική. [Ηλεκτρονικό]
http://www.teiser.gr/icd/staff/fasoulas/Rombotiki_xeirourgiki.pdf.
45. Χάπι ενδοσκόπησης. [Ηλεκτρονικό] <http://jjco.oxfordjournals.org/content/34/5/227.full>.
46. Αφιέρωμα στη ρομποτική χειρουργική. [Ηλεκτρονικό]
<http://www.iatrikokentro.gr/sites/default/files/10%20-%20AFIEROMA%20ROMPOTIKH.pdf>.