



ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΟΝΑΔΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“ΕΥΦΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ ΚΑΙ
ΤΗ ΠΑΡΟΧΗ ΦΡΟΝΤΙΔΑΣ ΥΓΕΙΑΣ.
ΝΕΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ.”

Σπουδαστές: ΚΑΡΑΘΑΝΑΣΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ
ΜΠΑΪΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Επιβλέπουσα: ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΥ ΣΤΕΛΛΑ
Καθηγήτρια Εφαρμογών

Καλαμάτα 2011

*«Η πτωχιακή μας εργασία είναι αφιερωμένη στις οικογένειες
μας για την στήριξη και βοήθεια τους όλα αυτά τα χρόνια»*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την καθηγήτρια μας Κα Χριστοπούλου Στέλλα και την οικογένειά μας ,η βοήθεια και η αμέριστη υποστήριξη των οποίων υπήρξαν ιδιαίτερα πολύτιμες καθόλη τη διάρκεια εκπόνησης της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

Και από το αμόνι λεχαστά σηκώθηκε το τέρας χωλαίνοντας κ' εσάλευαν κάτω φτενά τα σκέλη' και τες φουσόνες μάκρυνεν απ' την φωτιά και όλα εσύναζε τα σόνεργα 'ς έν' αργυρό λαρνάκι,

και με σφογγάρι εκάθαρε το πρόσωπο, τα χέρια τον τράχηλον τον δυνατόν, τα δασερά του στήθη.

Χιτώνα ενδύθη, εφούχτωσε σκήπτρο παχύ κ' εβγήκε χωλαίνοντας' και ανάλαφρα τον κύριον εστηρίζαν θεράπαινες ολόχρυσες, σαν ζωντανά κοράσια δύναμιν έχουν και φωνήν, νουν έχουν εις τες φρένες, και τεχνουργήματ' έμαθαν από τους αθανάτους 'εκείνες τον επρόσεχαν,

κ' εσύρθη αυτός πλησίον'ς την Θέτι δακ'εκάθισε'ς ένα θρονί ωραίο, το χέρι εκείνης έσφιζε' «μακρόπεπλη», της είπε,

Θέτι σεπτή και αγαπητή, το δώμα μας πώς ήλθες; και ως τώρα εδώ δεν σ' είδαμε καθόλου να συχνάζης, λέγε μου ευθύς ό,τι ποθείς.

Και να το πράξω θέλω αν πράγμα είναι που γίνεται και που ημπορώ να πράξω».

Όμηρος στην«Ιλιάδα»
(Ραψωδία Σ, στίχοι 410 - 426)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην αρχαία Ελλάδα ο θεός της ιατρικής και της υγείας ήταν ο Ασκληπιός. Οι Έλληνες είχαν τον μεγάλο ναό του Ασκληπιού στην Επίδαυρο και πολλούς άλλους ναούς σε όλη τη χώρα που λέγονταν "Ασκληπιεία". Στους χώρους αυτούς προσέρχονταν οι ασθενείς. Εκεί οι ιερείς του θεού τους έδιναν διάφορα φάρμακα από βότανα και τους συνιστούσαν την κατάλληλη διαίτα. Οι ασθενείς εξαγνίζονταν και προσέφεραν τα δώρα τους στους ναούς. Κατόπιν κατέλυαν σε δωμάτια στα οποία τη νύχτα ερχόταν, υποτίθεται, ο θεός μεταμορφωμένος συνήθως σε φίδι – και τους θεράπευε. Σημαντική ήταν και η παρέμβαση του Ιπποκράτη, ο οποίος ήταν ο πατέρας της ιατρικής. Κατά τον Ιπποκράτη η αιτία της ασθένειας βρίσκεται στον ίδιο τον άρρωστο και ο ιατρός χρειάζεται να τον εξετάσει ενδελεχώς για να την βρει. Ο Ιπποκράτης θεμελίωσε την κλινική εξέταση του ασθενή και προχώρησε σε καινοτόμες μεθόδους θεραπείας με βότανα, αφεψήματα κτλ. Ήταν ο πρώτος που ανακάλυψε την θεραπευτική ιδιότητα της ιτιάς που περιέχει το ακετυλοσαλικυλικό οξύ, την γνωστή σε όλους μας, ασπιρίνη. Μεταγενέστερα, αυτός που επηρεάστηκε από τους αρχαίους προκατόχους του ήταν ο Leonardo da Vinci. Αυτός ασχολήθηκε με την ανάγνωση, καταγραφή, μελέτη και αξιολόγηση όλων των πηγών που είχε συγκεντρώσει από τους αρχαίους Έλληνες και Ρωμαίους επιστήμονες. Στην σύγχρονη εποχή η εξέλιξη της ιατρικής είναι άμεσα συνδεδεμένη με τα ευφυή συστήματα (ασαφή δίκτυα, γενετικοί αλγόριθμοι και νευρωνικά δίκτυα). Τα ευφυή συστήματα βασίζονται σε τεχνητή νοημοσύνη. Από την αρχή του 21^{ου} αιώνα, η εμφάνιση καινοτόμων τεχνολογιών κατέστησε δυνατές περαιτέρω εξελίξεις στην ελάχιστη επεμβατική χειρουργική. Η ρομποτική χειρουργική και η χειρουργική με τηλεπαρουσία διευθέτησαν αποτελεσματικά τους περιορισμούς των λαπαροσκοπικών και θωρακοσκοπικών διαδικασιών, σημειώνοντας με τον τρόπο αυτό επανάσταση στην ελάχιστη επεμβατική χειρουργική. Ο 21^{ος} αιώνας είναι ο αιώνας της εξέλιξης και τελειοποίησης των χειρουργικών συστημάτων.

ΛΕΞΕΙΣ – ΚΛΕΙΔΙΑ

Ευφυή συστήματα, Leonardo da Vinci, τεχνητή νοημοσύνη, ιατρική, ρομποτική χειρουργική, χειρουργικό σύστημα.

ABSTRACT

In ancient Greece, the god of medicine and health was Asclepius. The Greeks were the great temple of Asclepius at Epidaurus, and many other churches across the country were called "Asclepieia". Such areas attending patients. There the priests of their god gave various herbal medicines and constituted proper diet. Patients were purified and offered their gifts to the temples. Then settled in rooms where the night came, supposedly, the god transformed into a snake usually - and healed. Important was the intervention of Hippocrates, who was the father of medicine. According to Hippocrates, the cause of the disease is in very ill and the doctor to examine him thoroughly to find it. Hippocrates founded the clinical examination of the patient and proceeded to innovative therapies with herbs, teas, etc. It was first discovered the healing powers of willow which contains acetylsalicylic acid, known to us all, aspirin. Later, he affected the ancient predecessors was the Leonardo da Vinci. He dealt with the reading, recording, study and evaluation of all sources was obtained by the ancient Greeks and Romans scientists. In modern times the development of medicine is directly related to intelligent systems (fuzzy networks, genetic algorithms and neural networks). Intelligent systems based on artificial intelligence. Since the beginning of the 21st century, the emergence of innovative technologies made it possible further developments in minimally invasive surgery. Robotic surgery and telepresence surgery have settled efficiently and limitations of laparoscopic procedures thorakoskopikon, noting how this revolution in minimally invasive surgery. The 21st century is the century of development and refinement of surgical systems.

KEY WORDS

Intelligent system, Leonardo da Vinci, artificial intelligence, medical, robotic surgery, surgical system.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ.1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΥΦΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	
1.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	σελ.5
1.2 ΕΥΦΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	σελ.10
1.2.1 ΤΕΧΝΗΤΑ ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	σελ.10
1.2.2 ΑΣΑΦΗΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ (FUZZY CLUSTERING)	σελ.16
1.2.3 ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ	σελ.18
1.3 ΕΜΠΕΙΡΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (EXPERT SYSTEMS).....	σελ.19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ	
2.1 ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ	σελ.25
2.2 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΟΡΑΣΗ	σελ.30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΤΗΛΕΙΑΤΡΙΚΗ	
3.1 Η ΤΗΛΕΙΑΤΡΙΚΗ	σελ.34
3.2. ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑ ΤΗΛΕΙΑΤΡΙΚΗΣ	σελ.35
3.2.1 ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΤΗΛΕΪΑΤΡΙΚΗΣ	σελ.35
3.2.2 ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ VSAT	σελ.36
3.2.3 ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΤΑΛΩΣ	σελ.36
3.2.4 ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ HERMES	σελ.37
3.2.5 ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ MEDASHIP	σελ.37
3.2.6 ΤΟ ΕΡΓΟ ΑΣΠΑΣΙΑ	σελ.38
3.2.7 ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ VODAFONE	σελ.38
3.2.8 ΤΟ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΟ ΝΙΚΑ	σελ.39
3.2.9 ΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΟΥ Ι.Τ.Ε.	σελ.39
3.3 ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕ ΕΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟ ΤΟ FDA	σελ.41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ	
4.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	σελ.42
4.1.1.ΤΟ ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ	σελ.47
4.1.2 Ο ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ	σελ.47

4.2 ΟΙ ΒΑΘΜΟΙ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ	σελ.48
4.3 ΘΕΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΑ ΡΟΜΠΟΤ	σελ.48

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ

5.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΤΗΛΕΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ	σελ.51
5.1.1 SOCRATES ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΛΕΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ	σελ.52
5.1.2 ΚΕΝΤΡΟ ΕΛΕΓΧΟΥ HERMES (HERMES CONTROL CENTER).....	σελ.52

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

6.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗΣ (MASTER-SLAVE).....	σελ.55
6.1.1. ΣΥΣΤΗΜΑ DA-VINCI	σελ.55
6.1.1.1 ΕΝΔΟΣΚΟΠΙΚΟΙ ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ	σελ.59
6.1.1.2 ΕΝΔΟΣΚΟΠΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ENDOWRIST	σελ.64
6.1.1.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗΣ.....	σελ.69
6.1.1.4. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΧΕΙΡΟΥΡΓΟΥ	σελ.72
6.1.1.5. ΟΙ ΕΚΔΟΣΕΙΣ DA VINCI S ^{HD} ΚΑΙ DA VINCI SI ^{HD}	σελ.73
6.1.2. ΤΟ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ZEUS (MASTER-SLAVE).....	σελ.75
6.1.3 ΤΟ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ZEUS	σελ.82
6.1.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ DA VINCI-ZEUS	σελ.83

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

7.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ	σελ.87
7.1.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ROBOT	σελ.87
7.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΝΕΥΡΟΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	σελ.88
7.2.1 PUMA 200	σελ.88
7.2.2 NEUROMATE	σελ.90
7.2.3 MINERVA	σελ.90
7.2.4 NEUROARM	σελ.91
7.2.5 NEUROBOT	σελ.92
7.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΟΡΘΟΠΕΔΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	σελ.93
7.3.1 CRIGOS	σελ.93

7.3.2	ROBODOC	σελ.93
7.3.3	ACROBAT	σελ.95
7.3.4	CASPAC	σελ.97
7.4	ΡΟΜΠΟΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΔΟΣΚΟΠΗΣΗΣ	σελ.98
7.4.1	ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ AESOP	σελ.98
7.4.2	ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ENDOASSIST	σελ.99
7.5	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΠΟΝΔΥΛΙΚΗΣ ΣΤΗΛΗΣ	σελ.100
7.5.1	SPINE-ASSIST	σελ.100
7.6	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΚΑΡΔΙΑ	σελ.104
7.6.1	INCH-WORM	σελ.104
7.7.	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΑΝΤΙΝΟΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗ	σελ.105
7.7.1	ΣΤΕΡΕΟΤΑΚΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗ	σελ.105
7.7.2	ΣΥΒΕΡΚΝΙΚΕ: ΑΚΤΙΝΟΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	σελ.106
7.8	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΗΣ	σελ.120
7.8.1	CEREC SIRONA	σελ.120

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 - Η ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

8.1	ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	σελ.126
8.2	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ ΕΠΟΠΤΗ	σελ.127
8.3	ΤΗΛΕΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	σελ.127
8.4	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΟΙΡΑΖΟΜΕΝΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ	σελ.128
8.5	ΕΠΙΠΛΟΚΕΣ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΑ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ	σελ.128

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 - ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

9.1	Η ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ	σελ.130
9.2	ΝΕΑ ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ ΚΑΡΚΙΝΟΥ	σελ.137
9.3	ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΚΛΑΣΣΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ	σελ.144

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

10.1	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	σελ.150
------	--------------------	---------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 - ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

11.1 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ	σελ.152
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	σελ.155
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	σελ.159
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	σελ.160
ΠΑΡΑΣΤΗΜΑ Γ	σελ.162

ΠΙΝΑΚΕΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 : ΓΝΩΣΤΑ ΕΜΠΕΙΡΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗσελ.21
ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΥΠΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΜΠΕΙΡΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝσελ.22
ΠΙΝΑΚΑΣ 3 : ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΓΚΡΙΘΕΙ ΑΠΟ ΤΗΝ FDA.....σελ.41
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ
ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗΣ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗ.....σελ.69
ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ
ΤΗΝ ΚΛΑΣΣΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ.....σελ.144

ΣΧΗΜΑΤΑ

ΣΧΗΜΑ 1 : ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	σελ.6
ΣΧΗΜΑ2: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	σελ.6
ΣΧΗΜΑ 3 : ΟΙ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΕΝΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	σελ.7
ΣΧΗΜΑ 4 : ΟΙ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ	σελ.9
ΣΧΗΜΑ 5 : ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΝΕΥΡΩΝΑΣ.....	σελ.10
ΣΧΗΜΑ 6 : ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΝΕΥΡΩΝΑΣ.....	σελ.11
ΣΧΗΜΑ 7: ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ ΝΕΥΡΩΝΑ.....	σελ.11
ΣΧΗΜΑ 8: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΠΟΛΥΣΤΡΩΜΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΔΥΟ ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ ΣΤΡΩΜΑΤΑ	σελ.13
ΣΧΗΜΑ 9 : ΔΙΚΤΥΟ HOPFIELD.....	σελ.14
ΣΧΗΜΑ 10 : ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ.....	σελ.16
ΣΧΗΜΑ 11: ΑΠΛΟΣ ΓΕΝΕΤΙΚΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	σελ.19
ΣΧΗΜΑ 12: ΟΙ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΕΝΟΣ ΕΜΠΕΙΡΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	σελ.20
ΣΧΗΜΑ 13 : ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΣΗΜΕΙΩΝ ΣΕ ΔΥΟ ΟΜΑΔΕΣ	σελ.23
ΣΧΗΜΑ 14: ΡΟΗ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΣΤΑ ΤΡΙΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΦΡΟΝΤΙΔΑΣ ΥΓΕΙΑΣ.....	σελ.32

ΕΙΚΟΝΕΣ

ΕΙΚΟΝΑ 1: ΤΟ ΡΟΜΠΟΤ ΤΑΛΩΣ.....σελ.1	σελ.1
ΕΙΚΟΝΑ 2: ΘΑΛΗΣ Ο ΜΙΛΗΣΙΟΣ.....σελ.2	σελ.2
ΕΙΚΟΝΑ 3: Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΩΝ.....σελ.3	σελ.3
ΕΙΚΟΝΑ 4: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΪΑΤΡΙΚΗΣ MEDASHIPσελ.38	σελ.38
ΕΙΚΟΝΑ 5: ΑΡΘΡΟ ΑΠΟ ΠΑΛΑΙΑ ΕΦΗΜΕΡΙΔΑσελ.42	σελ.42
ΕΙΚΟΝΑ 6: PUMA ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΗ ΜΗΧΑΝΗ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣσελ.43	σελ.43
ΕΙΚΟΝΑ 7: ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΡΟΜΠΟΤσελ.46	σελ.46
ΕΙΚΟΝΑ 8: ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗ ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ZEUSσελ.52	σελ.52
ΕΙΚΟΝΑ 9: Η ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ HERMES.....σελ.53	σελ.53
ΕΙΚΟΝΑ 10: ΤΡΟΧΗΛΑΤΗ ΣΥΣΚΕΥΗ ΜΕ ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ, ΔΕΞΙΑ ΕΝΔΟΣΚΟΠΙΚΟΣ ΠΥΡΓΟΣ ΚΑΙ ΑΡΙΣΤΕΡΑ Η ΚΟΝΣΟΛΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....σελ.55	σελ.55
ΕΙΚΟΝΑ 11: ΚΟΝΣΟΛΑ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ (SURGERY'S CONSOLE)σελ.57	σελ.57
ΕΙΚΟΝΑ 12:ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ (ROBOTIC ARM)σελ.58	σελ.58
ΕΙΚΟΝΑ 13: ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ (ROBOTIC SURGERY'S)σελ.58	σελ.58
ΕΙΚΟΝΑ 14: Ο ΠΑΘΗΤΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ ΤΙΣΚΑ (KARLSTORZ ENDOSKOPE GMBH, TOTTLINGEN).....σελ.59	σελ.59
ΕΙΚΟΝΑ 15: Ο ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ FIPS ENDOARM (KARL STORZ ENDOSKOPE GMBH, TOTTLINGEN)σελ.60	σελ.60
ΕΙΚΟΝΑ 16: Ο ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ ENDOASSIST (ARMSTRONG HEALTHCARE,UK).....σελ.61	σελ.61
ΕΙΚΟΝΑ 17: ΕΝΔΟΣΚΟΠΙΚΟΣ ΠΥΡΓΟΣ DA VINCI(INSITE)σελ.62	σελ.62
ΕΙΚΟΝΑ 18: ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ DA VINCI (INSITE).σελ.62	σελ.62
ΕΙΚΟΝΑ 19: ΛΑΠΑΡΟΣΚΟΠΙΟ (LAPAROSCOPE).....σελ.63	σελ.63
ΕΙΚΟΝΑ 20: ΜΙΚΡΟΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΕΣ ΛΑΒΙΔΕΣ.....σελ.64	σελ.64
ΕΙΚΟΝΑ 21: ΛΑΒΙΔΕΣ ENDOWRISTσελ.65	σελ.65
ΕΙΚΟΝΑ 22: SILS PORT MULTIPLE ACCESS PORT (COVIDIEN)σελ.66	σελ.66
ΕΙΚΟΝΑ 23: ΤΟ GELPORT (APPLIED MEDICAL, RANCHO SANTA MARGARITA, CA)σελ.67	σελ.67

ΕΙΚΟΝΑ 24: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟΥ DA VINCI	σελ.72
ΕΙΚΟΝΑ25:ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΛΑΠΑΡΟΕΝΔΟΣΚΟΠΙΚΗΣ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗΣ ΜΙΑΣ ΟΠΗΣ.....	σελ.72
ΕΙΚΟΝΑ 26: ΣΥΣΤΗΜΑ ZEUS	σελ.75
ΕΙΚΟΝΑ27:ΣΤΑ ΡΟΜΠΟΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΥΠΟΥ MASTER-SLAVE ΑΝΗΚΟΥΝ ΤΑ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ZEUS	σελ.76
ΕΙΚΟΝΑ 28: ΕΙΔΙΚΟΙ ΜΟΧΛΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	σελ.77
ΕΙΚΟΝΑ 29: Η ΕΠΕΜΒΑΣΗ LINDBERGH ΣΕ ΕΞΕΛΙΞΗ	σελ.78
ΕΙΚΟΝΑ 30:ΜΟΝΙΤΟΡ ZEUS (ZEUS MASTER CONTROLLER (EARLY VERSION))	σελ.79
ΕΙΚΟΝΑ 31: ΚΟΝΣΟΛΑ ZEUS (ZEUS MASTER CONTROLLER AND ROBOTIC SYSTEM IN SURGICAL PROCEDURE).....	σελ.80
ΕΙΚΟΝΑ32:ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ ZEUS (ZEUS ARM WITH COLLAR AND INSTRUMENTATION)	σελ.80
ΕΙΚΟΝΑ 33: ΕΡΓΑΛΕΙΟ MICROWRIST	σελ.81
ΕΙΚΟΝΑ 34: ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟ ΕΝΔΟΣΚΟΠΙΟ	σελ.81
ΕΙΚΟΝΑ 35: ΤΟ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ZEUS ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ.	σελ.82
ΕΙΚΟΝΑ 36: ΣΥΣΤΗΜΑ ROBOT	σελ.87
ΕΙΚΟΝΑ 37: ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ PUMA 200	σελ.88
ΕΙΚΟΝΑ 38: ΚΛΩΒΟΣ ΓΙΑ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ Χ ΓΟΝΑΤΟΣ	σελ.89
ΕΙΚΟΝΑ 39: ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ NEUROMATE.....	σελ.90
ΕΙΚΟΝΑ 40: ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ MINERVA.....	σελ.90
ΕΙΚΟΝΑ 41: ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ NEUROARM.....	σελ.92
ΕΙΚΟΝΑ 42: ΡΟΜΠΟΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ NEUROBOT.....	σελ.92
ΕΙΚΟΝΑ 43: ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ CRIGOS.....	σελ.93
ΕΙΚΟΝΑ 44: ΤΟ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ROBODOC ΕΝ ΔΡΑΣΗ.....	σελ.94
ΕΙΚΟΝΑ 45: ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ROBODOC.....	σελ.95
ΕΙΚΟΝΑ 46: ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ACROBOT.....	σελ.95
ΕΙΚΟΝΑ 47: Ο ACROBOT NAVIGATOR.....	σελ.96
ΕΙΚΟΝΑ 48: ΤΟ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ CASPAR ΕΝ ΔΡΑΣΗ.....	σελ.97
ΕΙΚΟΝΑ 49: ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ AESOP.....	σελ.98
ΕΙΚΟΝΑ 50: ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ENDOASSIST.....	σελ.99

ΕΙΚΟΝΑ51: ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ SPINE-ASSIST.....σελ.100	σελ.100
ΕΙΚΟΝΑ 52: (THE SPINEASSIST SYSTEM ALLOWS ABSOLUTE PRECISION IN OPEN AND MINIMALLY INVASIVEσελ.101	σελ.101
ΕΙΚΟΝΑ53:ΤΟ SPINEASSIST ΕΙΝΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΓΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟ-ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ.....σελ.102	σελ.102
ΕΙΚΟΝΑ 54: SPINE-ASSIST (ΥΠΟΒΟΗΘΟΥΜΕΝΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ)σελ.103	σελ.103
ΕΙΚΟΝΑ 55: INCHWORM.....σελ.104	σελ.104
ΕΙΚΟΝΑ 56: CYBERKNIFE.....σελ.106	σελ.106
ΕΙΚΟΝΑ57:ΤΑ ΑΝΘΡΩΠΙΝΑ ΣΗΜΕΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙ ΤΟ CYBERKNIFEσελ.112	σελ.112
ΕΙΚΟΝΑ 58: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ «SYNCHRONY».....σελ.115	σελ.115
ΕΙΚΟΝΑ 59: CYBERKNIFE WITH SYNCHRONYσελ.116	σελ.116
ΕΙΚΟΝΑ 60: ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ CYBERKNIFE.....σελ.117	σελ.117
ΕΙΚΟΝΑ 61: ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ.....σελ.119	σελ.119
ΕΙΚΟΝΑ 62: ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ CYBERKNIFE.....σελ.120	σελ.120
ΕΙΚΟΝΑ63:ΕΦΑΡΜΟΓΗ CYBERKNIFE (CYBERKNIFE STEROTACTIC RADIOSURGERY SYSTEM.).....σελ.120	σελ.120
ΕΙΚΟΝΑ 64: ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ CEREC SIRONA.σελ.121	σελ.121
ΕΙΚΟΝΑ 65: ΣΥΣΚΕΥΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΟΝΤΙΟΥ.....σελ.122	σελ.122
ΕΙΚΟΝΑ 66: ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΟΝΤΙΟΥ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ.....σελ.123	σελ.123
ΕΙΚΟΝΑ 67: CEREC SIRONA (CAD/CAM).....σελ.123	σελ.123
ΕΙΚΟΝΑ 68: SIRONA IN LAB.....σελ.125	σελ.125
ΕΙΚΟΝΑ 69: ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟ ΡΟΜΠΟΤ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ ΕΠΟΠΤΗ.....σελ.127	σελ.127
ΕΙΚΟΝΑ 70: ΤΗΛΕΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟ ΡΟΜΠΟΤ.....σελ.127	σελ.127
ΕΙΚΟΝΑ 71: ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟ ΡΟΜΠΟΤ ΜΟΙΡΑΖΟΜΕΝΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ.....σελ.128	σελ.128
ΕΙΚΟΝΑ 72: NANOTEΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ.....σελ.130	σελ.130
ΕΙΚΟΝΑ 73: NANΟΡΟΜΠΟΤ.....σελ.131	σελ.131
ΕΙΚΟΝΑ 74: NANΟΡΟΜΠΟΤ.....σελ.132	σελ.132
ΕΙΚΟΝΑ 75: NANΟΡΟΜΠΟΤ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΑΙΜΑ.....σελ.133	σελ.133

ΕΙΚΟΝΑ 76: ΒΙΟΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΥΨΗΛΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΤΗΣ ΓΛΥΚΟΖΗΣ ΣΤΟ ΑΙΜΑ.....σελ.135	σελ.135
ΕΙΚΟΝΑ 77: ΝΕΑ ΝΑΝΟ-ΥΛΙΚΑ ΔΙΝΟΥΝ ΑΛΛΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΤΩΝ ΕΦΗΜΕΡΙΔΩΝ, ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΚΑΙ ΕΛΠΙΔΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΑΡΚΙΝΟ.....σελ.137	σελ.137
ΕΙΚΟΝΑ78: ΜΕΡΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΘΕΡΑΠΕΥΕΙ Η ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ.....σελ.137	σελ.137
ΕΙΚΟΝΑ 79: ΝΑΝΟΣΩΛΗΝΕΣ ΑΝΘΡΑΚΑ.....σελ.140	σελ.140
ΕΙΚΟΝΑ 80: NANO BURGERS WITH LETTUCE".....σελ.141	σελ.141
ΕΙΚΟΝΑ 81: ΝΑΝΟΡΟΜΠΟΤΙΚΟ ΕΞΑΡΤΗΜΑ.....σελ.142	σελ.142
ΕΙΚΟΝΑ 82: ΝΑΝΟΡΟΜΠΟΤ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΚΑΙ ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΥΤΤΑΡΟΥ.....σελ.148	σελ.148

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της πτυχιακής είναι η μελέτη των ευφυή συστημάτων με εφαρμογή στην ιατρική και την παροχή φροντίδας υγείας. Καθώς επίσης και οι νέες τάσεις τις τεχνολογίας.

ΤΑ ΕΥΦΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΑΔΑ

Οι Έλληνες οραματίζονταν την επέκταση του σχεδιασμού των χρηστικών αντικειμένων ώστε να γίνουν αυτόματα και ρομπότ, υπενθυμίζοντας και το ρομπότ-γίγαντα Τάλω: έναν άτρωτο μπρούντζινο φρουρό, που δρασκελίζε την Κρήτη κι έριχνε βράχους στα ξένα πλοία που τολμούσαν να πλησιάσουν. Όπως και άλλους θεούς που η παρουσία τους εδρασε καταλητικά στην μελέτη των ευφυή συστημάτων και των ρομποτικών αντικειμένων.

Τάλως – ρομπότ στην αρχαία Ελλάδα.

Ο Όμηρος στην Ιλιάδα γράφει για τις χρυσές θεραπαινίδες του Ηφαίστου: “...της εν μεν νοός εστί μετά φρεσί, εν δε και αυδή...” (που είχαν λογική και κρίση και ομιλία). Για την κίνηση ενός τέτοιου κατασκευάσματος απαιτείται η όρθια στάση και η κρίση. Δηλαδή η δημιουργία υπολογιστικών συστημάτων με κρίση, ικανών να διαχειρίζονται τα διάφορα υποσυστήματα του αυτόματου και να τον θέτουν σε κίνηση. Παρόλη την εξέλιξη της σύγχρονης ρομποτικής, και ενώ έχουν κατασκευαστεί σε τέλειο βαθμό τα επιμέρους όργανα, δεν είναι δυνατή ακόμα η όρθια στάση και το βάδισμα ενός σύγχρονου ρομπότ, διότι οι υπολογιστές που τα χειρίζονται δεν έχουν κρίση (ευφυΐα). Δεν υπάρχει κάποιος ακριβής ορισμός, αλλά σύμφωνα με τη γενική άποψη το ρομπότ είναι μια

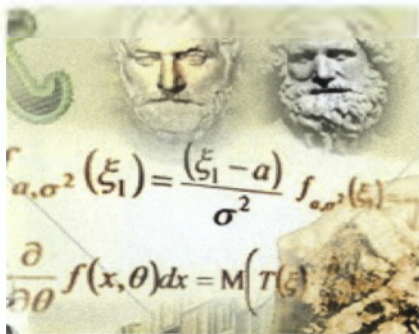


προγραμματισμένη μηχανή που μιμείται τις ενέργειες ή την παρουσία ενός ευφυούς πλάσματος, συνήθως ενός ανθρώπου. Για να χαρακτηριστεί ως ρομπότ, μια μηχανή πρέπει να είναι σε θέση να κάνει δύο πράγματα: 1) να λαμβάνει πληροφορίες από το περιβάλλον της και 2) να κάνει κάτι φυσικό, π.χ. να κινείται ή να χειρίζεται αντικείμενα.

Εικόνα 1: Το ρομπότ Ταλώς.

Επίσης, το ρομπότ "RUR" πρωτοεμφανίστηκε στην ταινία του Karl Caprek, "Rossum's Universal Robots". Η λέξη "ρομπότ" προέρχεται από το τσέχικο "robota", που σημαίνει το μόχθο ή την σκληρή εργασία σαν σκλάβος. Ένα από τα πιο γνωστά αρχαία ρομπότ στην Ελλάδα ήταν ο διάσημος Τάλως (εικ.1) (στην αρχαία Κρητική διάλεκτο σημαίνει και ήλιος). Κατασκευάστηκε από τον θεό Ήφαιστο, ο οποίος ήθελε να στείλει την εφεύρεσή του ως δώρο στον βασιλιά της Κρήτης Μίνωα. Ο Τάλως ήταν τεράστιος ανθρωπόμορφος και χάλκινος. Προστάτευε την Κρήτη από τους εχθρούς της και επέβλεπε την εφαρμογή των νόμων. Μπορούσε να κινείται πολύ γρήγορα και ήταν σε θέση να κάνει σε μία μέρα τρεις φορές τον γύρο της Κρήτης (μέση ταχύτητα 250km/h).

Είχε την δύναμη να εκσφενδονίζει τεράστιους βράχους εναντίων των αντιπάλων του ή να τους καίει με την καυτή αναπνοή του. Με αυτόν τον τρόπο απώθησε τα εχθρικά πλοία προστατεύοντας την Κρήτη. Όπως λέει ο μύθος, όταν οι Αργοναύτες επέστρεφαν απ' την Κολχίδα, με την δύναμη της μάγισσας Μήδειας κατάφεραν να καταστρέψουν τον Τάλω. Η Μήδεια κατάφερε να προκαλέσει σύγχυση στον Τάλω και τραυματίστηκε άσχημα στο πόδι του. Το αίμα έφυγε απ' την μία και μόνη φλέβα του σαν λιωμένο μέταλλο. Μία άλλη εκδοχή της ίδιας ιστορίας αναφέρει ότι ο Ποίαις (πατέρας του Φιλοκτήτη) τόξευσε ένα βέλος στην φτέρνα του ρομπότ, μία βίδα πετάχτηκε και ο Ιχώρ, το



αίμα των Θεών, έρευσε έξω απ' το μεταλλικό σώμα. Αρκετά νομίσματα στα οποία εικονίζεται ο Τάλως βρέθηκαν στην πόλη της Φαιστού. Εξάλλου, και ο Θαλής ο Μιλήσιος (εικ.2) πραγματοποίησε και λίαν σοβαρές ανακαλύψεις στους κλάδους της φυσικής, της αστρονομίας και της γεωμετρίας, όντας ο πρώτος που επεσήμανε τα φυσικά φαινόμενα του ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού.

Εικόνα 2: Θαλής ο Μιλήσιος.

Ο Θαλής ο Μιλήσιος, (περ 630/635 π.Χ. - 543 π.Χ.), προσωκρατικός φιλόσοφος, που δραστηριοποιήθηκε στις αρχές του 6ου αιώνα π.Χ. στη Μίλητο. Του αποδίδεται το έργο Ναυτική Αστρολογία, αλλά θεωρείται μάλλον αμφίβολο αν έγραψε ο ίδιος. Για την ανασύσταση της σκέψης του βασιζόμαστε αποκλειστικά σε μαρτυρίες. Η παράδοση κατατάσσει τον Θαλή μεταξύ των επτά σοφών και τον περιγράφει ως άνθρωπο με πλατιές γνώσεις και μεγάλη επινοητικότητα. Το σημαντικότερο είναι, ωστόσο, ότι μέσω της προβληματικής του για την αρχή του κόσμου ανήγαγε τα πολλαπλά φαινόμενα του κόσμου σε μία απρόσωπη, μοναδική ή ενιαία αρχή, γεγονός που τον κατατάσσει δίκαια στη χορεία των φιλοσόφων και σε έναν από τους επτά μεγάλους σοφούς της αρχαίας Ελλάδας. Ο Θαλής είναι γνωστός και για την επιτυχημένη πρόβλεψη της ηλιακής έκλειψης του 585. Ο Θαλής ο Μιλήσιος ανακάλυψε επίσης τις τροπές (ηλιοστάσια), το ετερόφωτο της Σελήνης, καθώς και τον ηλεκτρισμό και τον μαγνητισμό, από τις ελκτικές ιδιότητες του ορυκτού μαγνητίτη και του ήλεκτρου (κεχριμπάρι). Όπως μας παραδίδει ο Αριστοτέλης στο Περί Ψυχής Α5 και Α3 ο Θαλής πίστευε πως ο κόσμος είναι γεμάτος θεους (πάντα πλήρη θεών είναι) και ότι η ψυχή είναι κάτι το κινητικό (κινητικόν τι). Πρόκειται ουσιαστικά για μια αρχαϊκή διατύπωση της θεωρίας του υλοζωισμού, σύμφωνα

με την οποία ο κόσμος είναι ζωντανός και έμψυχος, γεγονός που πιστοποιείται από την κινητικότητά του. Ο υλοζωισμός στην νεότερη έννοιά του θεωρεί ως δομικό στοιχείο του κόσμου το φυσικό στοιχείο εννοώντας το ως έμβιο, ως οντότητα στην οποία η ύλη και η ενέργεια είναι αδιάσπαστα ενωμένες.

ΕΦΕΥΡΕΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΑΔΑ –

Η ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΠΡΟΚΛΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΜΥΤΗΒUSTERS (ΚΥΝΗΓΟΥΣ ΜΥΘΩΝ).

Οι ευφάνταστοι πρόγονοί μας, γνωστοί ήδη για τις φιλοσοφικές τους αναζητήσεις που έθεσαν παγκοσμίως τις βάσεις της σύγχρονης αντίληψης, διακρίθηκαν εξίσου για τις εφευρέσεις τους. Βασιζόμενοι σε αρχές τις οποίες οι ίδιοι ανακάλυπταν, στήριξαν εμπράκτως τις υποθέσεις τους με πολύπλοκες για την εποχή κατασκευές. Οι τομείς των επιστημών και της τεχνολογίας κατά την αρχαιότητα στην Ελλάδα, έχουν να επιδείξουν πρωτοποριακά μοντέλα.

A. Μηχανισμός Αντικυθήρων ή το πρώτο G.P.S του κόσμου:



Ο «Μηχανισμός των Αντικυθήρων» (εικ.3), κατασκευάστηκε περίπου το 80 π.Χ. και αποτελείται από 3 τμήματα που τα απαρτίζουν μπρούτζινες πλάκες και γρανάζια. Το 1900, οι σφουγγαράδες του νησιού ανακάλυψαν στο ναυάγιο ενός πλοίου το περίεργο αντικείμενο, που φυλάσσεται από τότε στο Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο της Ελλάδας.

Εικόνα 3: Ο μηχανισμός αντικυθήρων.

Το περίεργο αντικείμενο φέρει 32 οδοντωτούς τροχούς οι οποίοι περιστρέφονται γύρω από 10 άξονες. Η λειτουργία του μηχανισμού κατέληγε σε τουλάχιστον 5 καντράν, με έναν ή περισσότερους δείκτες για το καθένα. Πάνω στους τροχούς υπάρχουν χαραγμένες διάφορες επιγραφές με αστρονομικούς και μηχανικούς όρους που έχουν χαρακτηριστεί από τους ειδικούς ως ένα είδος "εγχειριδίου χρήσης" του οργάνου. Οι έρευνες Ελληνικών και Βρετανικών Πανεπιστημίων μέχρι στιγμής συγκλίνουν στο εξής

συμπέρασμα: ο αστρολάβος των Αντικυθήρων χρησιμοποιούνταν για να υπολογισθούν οι κινήσεις των πλανητών, που ήταν γνωστοί στους αρχαίους Έλληνες (η Σελήνη, ο Ερμής, η Αφροδίτη, ο Άρης, ο Δίας και ο Κρόνος). Τον αστρολάβο τον χρησιμοποιούσαν στα πλοία στα οποία τον τοποθετούσαν στην γέφυρα. Ο καπετάνιος καθημερινά, με την ανατολή του ηλίου, γυρνούσε το μικρό χερούλι που βρισκόταν στα πλάγια του μηχανήματος και μετακινούσε τον δείκτη του ηλίου να δείχνει την επόμενη ημέρα. Δηλαδή ο αστρολάβος ήταν μια μηχανή που μετρούσε τον χρόνο και έκανε αστρονομικούς υπολογισμούς, εξ ου και ο όρος: υπολογιστής των Αντικυθήρων. Ο εφευρέτης του ήταν ο Νικίας από την Ρόδο (2ος – 1ος αιώνας π.Χ.) Δεν αποκρυπτογραφήθηκαν ακόμη πλήρως οι επιγραφές ούτε δόθηκε επίσημο πόρισμα για την ακριβή χρήση του μηχανισμού, αλλά όπως όλα δείχνουν πρόκειται για τον πρόδρομο του G.P.S. (Global Positioning System), ενός εργαλείου εντοπισμού θέσης.

B. Η έννοια του «αυτόματου» στις μηχανές του Ηρώνα:

Για πρώτη φορά ο Όμηρος εισάγει τη λέξη αυτόματο στην Ιλιάδα, υπονοώντας ένα σύστημα που δε θα κινούνταν με ανθρώπινη ενέργεια αλλά θα διέθετε μηχανισμό ο οποίος θα ωθούσε το αντικείμενο να μετακινηθεί. Μίλησε για πλοία με τεχνητή νοημοσύνη, για αυτοκινούμενους τρίποδες με ρόδες που θα μετέφεραν τους Θεούς, για μεταλλικά ομοιώματα γυναικών που θα υπηρετούσαν τον Ήφαιστο. Και αν δεν υπήρχαν μαρτυρίες που να αποδεικνύουν ότι δημιουργήθηκαν αυτόματες κατασκευές, ο Όμηρος θα ήταν άλλος ένας φαντασιόπληκτος συγγραφέας ή ένας προφήτης που προέβλεψε τα αυτοκίνητα, τα κότσα και τα ρομπότ. Την ιδιότητα της διαστολής του θερμαινόμενου αέρα αξιοποιεί ο Ηρώνα για να κατασκευάσει πύλες ναού που ανοίγουν και κλείνουν αυτόματα. Όταν ανάψει η φωτιά στο Βωμό, διαστέλλεται ο θερμαινόμενος αέρας στο δοχείο κάτω από το βωμό, πιέζει το νερό που βρίσκεται σε ένα στεγανό και σταθερό δοχείο πιο κάτω και το μεταφέρει σε ένα κινητό δοχείο, συνδεδεμένο μέσω τροχαλιών και αντίβαρων με τις πύλες του ναού. Ο μηχανισμός αυτός εφαρμόστηκε πιθανόν στο μεγάλο ναό της Εφέσιας Αρτέμιδος. Με την ίδια φιλοσοφία ο Ηρώνα εισήγαγε την «αυτοματοποιητική του» στο θέατρο για να ανάβει μόνη της η φωτιά στο βωμό ή να αναβλύζει μυστηριωδώς γάλα από την κούπα του πρωταγωνιστή. Η πιο διάσημη εφεύρεσή του είναι η αιολόσφαιρα ή ατμοστρόβιλος, η πρώτη ατμομηχανή στην ιστορία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΥΦΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

1.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Υπάρχουν πολλοί ορισμοί που έχουν κατά καιρούς προταθεί για την έννοια σύστημα. Το σίγουρο είναι ότι σε κάθε σύστημα έχουμε δύο βασικά χαρακτηριστικά :

1.τα μέρη που αποτελείται είναι διασυνδεδεμένα μεταξύ τους υπό κάποια έννοια με αποτέλεσμα να εξαρτάται το ένα από το άλλο.

2.έχει σαφώς καθορισμένα όρια σε σχέση με το περιβάλλον.

Ορισμοί που έχουν δοθεί για την έννοια του συστήματος είναι ενδεικτικά οι παρακάτω:

α) Σύστημα είναι ένα οργανωμένο και ολοκληρωμένο σύνολο από αλληλεξαρτώμενα και αλληλεπιδρώντα συστατικά στοιχεία.

β) Σύστημα είναι ένα σύνολο στοιχείων, με κάποια συγκεκριμένη οργανωτική δομή το οποίο επιτελεί ή αναπτύσσει μια σειρά από δραστηριότητες και επιδιώκει την επίτευξη ενός προκαθορισμένου στόχου.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα συστήματα έχουν ή αναζητούν αντικειμενικούς σκοπούς που μερικές φορές είναι δύσκολο να παρατηρηθούν. Στην ορολογία των συστημάτων οι στόχοι αυτοί αποτελούν την έξοδο (output) του συστήματος. Όταν αντιμετωπίσουμε το σύστημα με γνώμονα τα πέντε αυτά στοιχεία αυτή η λειτουργία ονομάζεται συστηματική προσέγγιση (systems approach) (Σχήμα 1).

Τα στοιχεία αυτά είναι :

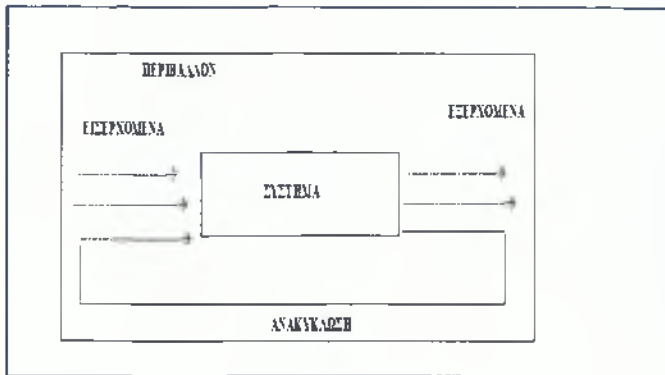
1.Είσοδος (input): με τι ή σε τι σύστημα λειτουργεί.

2.Έξοδος (output): τι παράγει το σύστημα.

3.Επεξεργασία /διεργασία (process): τι κάνει το σύστημα στην είσοδο για να παραχθεί η έξοδος.

4.Έλεγχος (control) : οι κανόνες με τους οποίους γίνεται η επεξεργασία.

5. Ανακύκλωση (feedback) : πληροφόρηση σχετική με την έξοδο φέρεται πάλι στην είσοδο για να προσαρμοστεί η επεξεργασία ούτως ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή έξοδος.



για να προσαρμοστεί η επεξεργασία ούτως ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή έξοδος.

Το περιβάλλον ενός συστήματος περιλαμβάνει οτιδήποτε υπάρχει έξω από τον έλεγχο του. Πόροι είναι όλα τα μέσα (άνθρωποι και υλικά) που διαθέτει το σύστημα για την επίτευξη των στόχων του.

ΣΧΗΜΑ 1 : Σχηματική αναπαράσταση ενός συστήματος

ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Κάθε σύστημα αποτελείται από επιμέρους τμήματα τα οποία διατηρούν την αυτοτέλειά τους, έχουν τα χαρακτηριστικά συστήματος και εξυπηρετούν τους στόχους του συνολικού συστήματος. Τα τμήματα αυτά λέγονται υποσυστήματα όπως ο σκληρός δίσκος ενός υπολογιστή και το φαρμακείο ενός νοσοκομείου.

ΕΙΔΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Οι συνήθεις κατηγοριοποιήσεις που δίνονται βιβλιογραφικά είναι οι παρακάτω :



Α) Ένα αιτιοκρατικό σύστημα (deterministic) όταν για συγκεκριμένο input παίρνω output (Σχήμα 2). Σε ένα αιτιοκρατικό σύστημα η κατάσταση του S σε μια συγκεκριμένη στιγμή t είναι συνάρτηση του χρόνου t και της εισόδου I σε αυτό. Δηλαδή $S=f(t,I)$.

ΣΧΗΜΑ 2 : Διαγραμματική παρουσίαση του πληροφοριακού συστήματος.

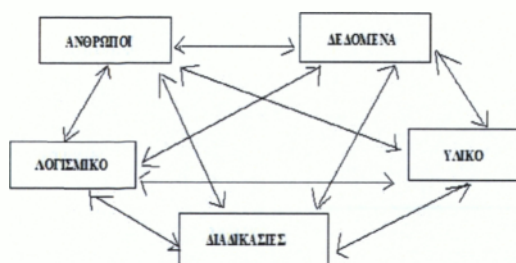
Στην κατηγορία αυτή ανήκει ο υπολογιστής σαν τεχνικό σύστημα. Ένα στοχαστικό σύστημα (stochastic) ή πιθανοσυστήματα όταν για το ίδιο input έχω πιθανώς διαφορετικά output. Στην κατηγορία αυτή ανήκει το σύστημα του ανθρώπινου οργανισμού όπου ακριβής πρόβλεψη γεγονότων είναι δυνατόν να προβλεφθεί με ακρίβεια.

Β) Ένα ανοικτό σύστημα όταν μπορεί να δεχτεί εξωτερικές παρεμβάσεις. Τα συστήματα αυτά έχουν άτυπη αλληλεπίδραση με το περιβάλλον τους για την άμεση προσαρμογή τους στα νέα δεδομένα και απαιτήσεις. Ενώ το κλειστό σύστημα δεν μπορεί να δεχτεί εξωτερικές παρεμβάσεις. Η επαφή με το περιβάλλον στα συστήματα αυτά γίνεται μόνο μέσα από την τυπική διαδικασία εισόδου – εξόδου.

Γ) Ένας άλλος τρόπος κατηγοριοποίησης των συστημάτων είναι η διάκριση τους σε φυσικά και σε τεχνητά. Τα φυσικά συστήματα είναι όπως τα αστρικά, μοριακά και έμβια. Τεχνικό σύστημα είναι αυτό που έχει επινοηθεί από τον άνθρωπο όπως τα συστήματα επικοινωνίας, βιομηχανικά συστήματα, συστήματα μεταφοράς και κοινωνικά συστήματα.

ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΒΑΣΙΖΟΝΤΑΙ ΣΕ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ (computer – based information systems – CBIS)

Πληροφοριακό σύστημα μιας επιχείρησης είναι ένα σύστημα που αποτελείται από ανθρώπους, διαδικασίες και εξοπλισμό (υλικό, λογισμικό, δεδομένα) (Σχήμα 3) μέσω των οποίων παράγονται, φυλάσσονται, διακινούνται και μετασχηματίζονται οι πληροφορίες που είναι χρήσιμες για την επίτευξη των σκοπών της επιχείρησης. Οι συνιστώσες του είναι οι άνθρωποι, οι διαδικασίες, το λογισμικό, τα δεδομένα και το υλικό. Με τον όρο



πληροφορική υγείας νοείται η επιστήμη και η τεχνολογία της επεξεργασίας πληροφοριών στον τομέα της υγείας (διοίκηση και διαχείριση νοσοκομείων και κέντρων υγείας, σχεδιασμός, προγραμματισμός, έλεγχος και αξιολόγηση συστημάτων υγείας).

ΣΧΗΜΑ 3: Οι συνιστώσες ενός πληροφοριακού συστήματος

Οι εφαρμογές της πληροφορικής υγείας αποσκοπούν :

1. Στη διοίκηση – διαχείριση των μονάδων υγείας όπως τα νοσοκομεία, τα πληροφοριακά συστήματα αναπτύσσονται στις διοικητικές και οικονομικές υπηρεσίες, στη διαχείριση των ανθρώπινων υλικών και οικονομικών πόρων, σε διαδικασίες ανάλυσης.
2. Στο σχεδιασμό των συστημάτων υγείας η πληροφορική χρησιμοποιείται στην εφαρμογή τεχνικών στατιστικής ανάλυσης, επιχειρησιακής έρευνας και προϋπολογιστικών τεχνικών στην προσπάθεια να υπολογιστεί το βάρος των διαφόρων παραμέτρων και να διευκολυνθεί η διαδικασία αποφάσεων και η ιεράρχηση προτεραιοτήτων.
3. Στη αξιολόγηση και τον έλεγχο των συστημάτων υγείας η πληροφορική εφαρμόζεται στην εκτίμηση των αποτελεσμάτων του υγειονομικού τομέα (διαγνωστικές και θεραπευτικές διαδικασίες, δείκτες υγείας) και στην παρακολούθηση της διοικητικής και οικονομικής λειτουργίας (νοσοκομειακή λογιστική, δαπάνες περίθαλψης).

ΙΑΤΡΙΚΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Ένα ιατρικό πληροφοριακό σύστημα (ΙΠΣ) είναι ένα σύνολο υλικού (hardware), λογισμικού (software). Στο κέντρο του υπάρχει μία βάση δεδομένων με όλα τα απαραίτητα δεδομένα για την αποδοτική λειτουργία και διοίκηση ενός νοσοκομείου, κέντρου υγείας, γηροκομείου και άλλα. Οι χρήστες του συστήματος έχουν πρόσβαση στη βάση δεδομένων για την αναζήτηση και την τροποποίηση των στοιχείων της. Η βασική διαφορά των συστημάτων αυτών από τα άλλα πληροφοριακά συστήματα είναι ότι χειρίζονται ανθρώπους, γεγονός που απαιτεί από το σύστημα να παρέχει αξιοπιστία, ασφάλεια και ευελιξία. Η ταχύτητα και η ακρίβεια είναι δύο αντικειμενικοί στόχοι ενός ιατρικού πληροφοριακού συστήματος. Επίσης στόχο έχει να δώσει περισσότερο χρόνο στους λειτουργούς των μονάδων υγείας ώστε να παρέχουν υπηρεσίες στους ασθενείς.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ (decision support systems – (DSS))

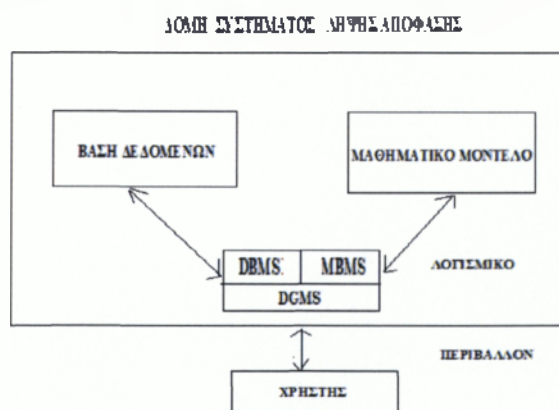
Εντάσσονται στα συστήματα ιατρικής υποστήριξης και βοηθούν τους κλινικούς ιατρούς στην ανάλυση των στοιχείων των ασθενών στη λήψη της τελικής απόφασης. Επίσης βοηθούν στον ποιοτικό έλεγχο των ιατρικών αποφάσεων. Τα DSS είναι τα συστήματα εκείνα που βοηθούν αυτούς που παίρνουν αποφάσεις όπως ιατρούς στη διαδικασία λήψης απόφασης.

Ένα DSS μπορεί να οριστεί ως :

- Σύστημα βασισμένο σε υπολογιστή .
- Βοηθά τους χειριστές του να πάρουν αποφάσεις.
- Αντιμετωπίζει κακώς – δομημένα προβλήματα.
- Χρησιμοποιεί δεδομένα και μοντέλα.
- Έχει περιβάλλον άμεσης αλληλεπίδρασης με τον χρήστη.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Σε ένα DSS υπάρχει πάντα η βάση δεδομένων (data base) η οποία περιέχει δεδομένα αξιοποιήσιμα από το συγκεκριμένο μοντέλο. Για την αξιοποίηση της βάσης δεδομένων μας χρειάζεται ένα Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (DBMS). Για την περιγραφή του μοντέλου με όρους υπολογιστικούς μας χρειάζεται ειδικό λογισμικό το οποίο ονομάζεται Σύστημα Διαχείρισης Μοντέλου.



Τέλος, για την καλύτερη επικοινωνία του χρήστη ο οποίος μπορεί και να μην έχει καθόλου τεχνικές γνώσεις με το όλο σύστημα φτιάχνεται ειδικό λογισμικό το οποίο ονομάζεται Σύστημα Διαχείρισης Διαλόγων (DGMS) (Σχήμα 4).

ΣΧΗΜΑ 4 : Οι συνιστώσες ενός συστήματος λήψης απόφασης

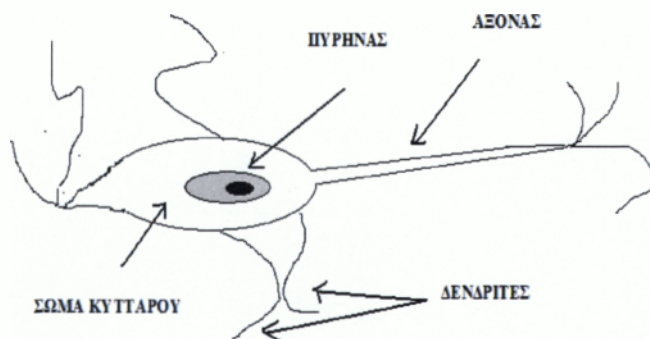
1.2 ΕΥΦΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα ευφυή συστήματα θεωρούνται τα υπολογιστικά εργαλεία της Τεχνητής Νοημοσύνης και στο χώρο του Data mining αποτελούν τα δομικά εργαλεία εξαγωγής γνώσης από δεδομένα. Τα ευφυή συστήματα διακρίνονται σε πολλές κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο προσέγγισης που ακολουθούν για την επίλυση προβλημάτων, ενώ μπορούν και να συνδυαστούν μεταξύ τους για να προκύψουν υβριδικά συστήματα με βελτιωμένες ιδιότητες. Οι κατηγορίες είναι οι τα εξής :

1.2.1 ΤΕΧΝΗΤΑ ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

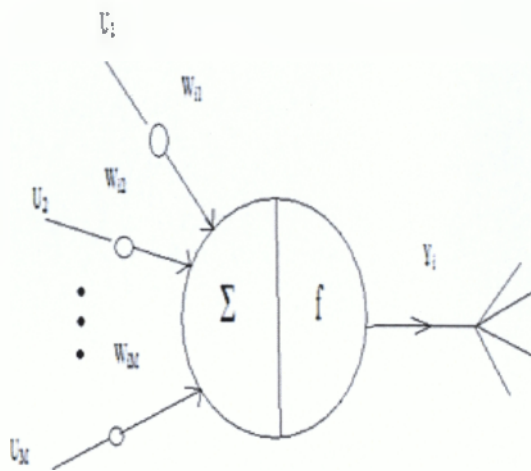
Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα είναι συστήματα των οποίων η δομή είναι εμπνευσμένη από τον τρόπο λειτουργίας του νευρωνικού συστήματος και του εγκεφάλου. Η βασική μονάδα ενός νευρωνικού συστήματος είναι ο νευρώνας. Ένας βιολογικός νευρώνας φαίνεται στο σχήμα 5. Ο πυρήνας του νευρώνα δέχεται σήματα από άλλους νευρώνες μέσω καναλιών εισόδου, που ονομάζονται δενδρίτες, και τα επεξεργάζεται για την δημιουργία ενός καινούργιου σήματος. Αν το σήμα που προκύπτει είναι αρκετά ισχυρό, ενεργοποιεί την έξοδο του νευρώνα. Τότε παράγεται ένα σήμα εξόδου, το οποίο μεταδίδεται μέσω του καναλιού εξόδου, που καλείται άξον. Η μετάδοση από τον άξονα στους δενδρίτες άλλων νευρώνων περνά από μια σύνδεση, αναφερόμενη ως σύναψη, και το μεταδιδόμενο σήμα μεταβάλλεται ανάλογα από δεκάδες δισεκατομμύρια νευρώνες.

Το κύριο στοιχείο επεξεργασίας ενός τεχνητού νευρωνικού δικτύου μιμείται τη λειτουργία



ενός βιολογικού νευρώνα και ονομάζεται τεχνητός νευρώνας. Είναι ένα στατικό, αναλλοίωτο ως προς την ολίσθηση σύστημα., πολλαπλών εισόδων και μιας εξόδου, που διέπεται από τις παρακάτω σχέσεις :

ΣΧΗΜΑ 5: Βιολογικός νευρώνας.



$$Y_i(n) = f(x_i(n))$$

$$X_i(n) = \sum_{j=1}^M w_{ij} u_j(n)$$

Ο όρος $x_i(n)$ σχηματίζει το άθροισμα των σημάτων που προέρχονται από άλλους νευρώνες συνδεδεμένους με τον i νευρώνα, μετά την επίδραση των συνοπτικών βαρών w_{ij} (Σχήμα 6).

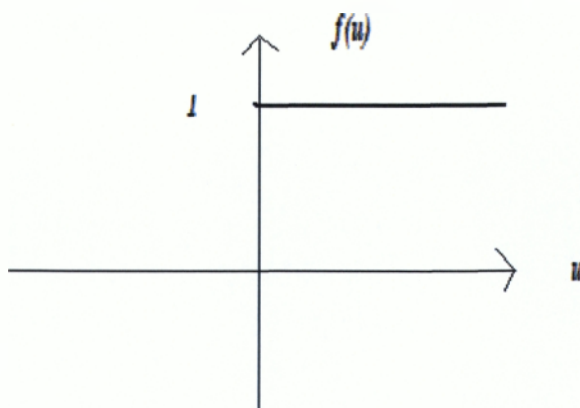
ΣΧΗΜΑ 6 : Τεχνητός νευρώνας.

Η συνάρτηση f μπορεί να είναι μια συνάρτηση κατώφλιου που παράγει μια μη μηδενική τιμή, αν το άθροισμα $x_i(n)$ είναι αρκετά ισχυρό, δηλαδή μεγαλύτερο από το κατώφλι της f , ή μπορεί να είναι μια συνεχής συνάρτηση. Τρεις διαδεδομένες επιλογές της f είναι :

(α) μοντέλο Mc Cullogh-pitts, όπου η f έχει τη μορφή του μοναδιαίου βήματος

(β) τμηματικά γραμμικό μοντέλο, όπου η f ορίζεται ως εξής :

$$f(u) = \begin{cases} 0 & \text{αν } u \leq 0 \\ u & \text{αν } 0 \leq u \leq 1 \\ 1 & \text{αν } u \geq 1 \end{cases}$$



(γ) Σιγμοειδές μοντέλο. Το σιγμοειδές μοντέλο είναι αυτό που χρησιμοποιείται περισσότερο στην πράξη (Σχήμα 7). Ονομάστηκε έτσι από την S - μορφολογία της μη γραμμικότητάς του. Μια δημοφιλής επιλογή είναι η λογιστική συνάρτηση

ΣΧΗΜΑ 7: Επιλογή της μη γραμμικής συνάρτησης νευρώνα.

$$f(u) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha u}}$$

Καθώς το $\alpha \rightarrow +\infty$, το σιγμοειδές μοντέλο μετατρέπεται από μοντέλο Mc Cullogh-pitts. Άλλο ένα σιγμοειδές μοντέλο είναι

Ένα νευρωνικό δίκτυο σχηματίζεται από τη σειριακή, παράλληλη και με ανατροφοδότηση σύνδεση των νευρώνων. Επιπροσθέτως, περικλείει απομονωτή εισόδου, όπου τα δεδομένα παρουσιάζονται στο δίκτυο, και απομονωτή εξόδου, που κρατά την απόκριση του δικτύου για μια δεδομένη είσοδο. Δύο σημαντικές κατηγορίες δικτύων είναι τα δίκτυα και τα επαναληπτικά δίκτυα.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΣΤΗΝ ΠΡΟ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ

Η προ-επεξεργασία είναι το πρώτο στάδιο κατά την ανάλυση μιας εικόνας. Στη φάση αυτή περιλαμβάνεται κάθε διαδικασία μετατροπής της εικόνας σε ψηφιακή μορφή, αλλά και όλες οι απαραίτητες ενέργειες για την αποκατάσταση και εξάλειψη των ατελειών που δημιουργούνται κατά την ψηφιοποίηση της εικόνας. Επίσης, στη φάση αυτή περιλαμβάνονται και διαδικασίες που έχουν ως στόχο τη βελτίωση της ποιότητας της εικόνας και, ιδιαίτερα, των σημείων που περιέχουν τα αντικείμενα που μας ενδιαφέρουν.

Η αποκατάσταση της εικόνας είναι μια διαδικασία που απαιτεί την καλή γνώση της φύσης των ατελειών και των παραμορφώσεων που δημιουργούνται από τον εξοπλισμό που χρησιμοποιούμε. Τα νευρωνικά δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση του θορύβου. Πολλοί ερευνητές έχουν χρησιμοποιήσει διαφορετικούς τύπους νευρωνικών δικτύων για την αποκατάσταση της εικόνας.

ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ

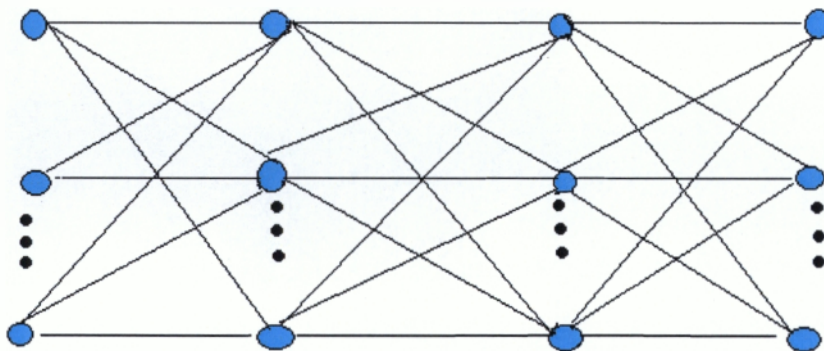
Τα δίκτυα πολλαπλών επιπέδων παριστάνονται από στατικά, μη γραμμικά, χρονικά αναλλοίωτα συστήματα. Οι νευρώνες είναι οργανωμένοι σε μια ακολουθία επιπέδων. Τα στρώματα που διαφέρουν από τους απομονωτές εισόδου και εξόδου καλούνται ενδιάμεσα

στρώματα. Ο αριθμός των νευρώνων σε κάθε στρώμα ποικίλει. Ένα πολυστρωματικό δίκτυο παραμετροποιείται με τα βάρη των συνάψεων w_{ij} . Μόλις αυτές ρυθμιστούν τα χαρακτηριστικά του δικτύου προσδιορίζονται και έτσι καθορίζεται η έξοδος για μια συγκεκριμένη είσοδο.

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΑ ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Τα επαναληπτικά δίκτυα περιλαμβάνουν δυνατότητες μνήμης και έτσι παριστάνονται από δυναμικά συστήματα (Σχήμα 8). Ένας τυπικός αντιπρόσωπος ενός επαναληπτικού δικτύου είναι το δίκτυο Hopfield (Σχήμα 9). Η τιμή της εισόδου τη χρονική στιγμή n , $u(n)$ αρχικοποιεί N μονάδες επεξεργασίας, καθεμιά από τις οποίες περιγράφεται από την παρακάτω πράξη :

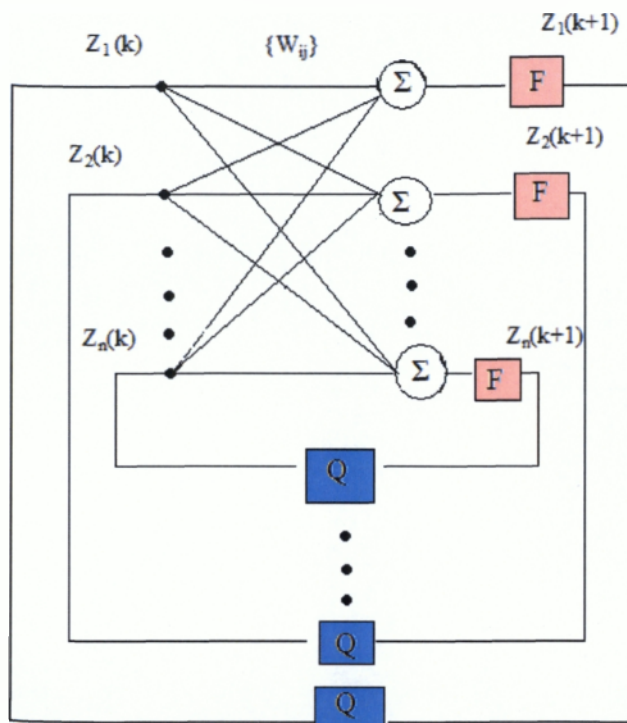
$$z_i(k+1) = f(x_i(k))$$



ΣΧΗΜΑ 8: Παράδειγμα πολυστρωματικού δικτύου με δύο ενδιάμεσα στρώματα.

$$x_i(k) = \sum_{j=1}^N w_{ij}z_j(k)$$

Όπου



ΣΧΗΜΑ 9: Δίκτυο Hopfield.

$$f(u) = \text{sgn}(u) = \begin{cases} 1 & u \geq 0 \\ -1 & \text{διαφορετικ}\Phi \end{cases}$$

Συνδυάζοντας τις παρακάτω σχέσεις έχουμε

$$x(k) = u(k)$$

$$z(k+1) = f(x(k))$$

$$x(k) = Wz(k)$$

Ο W είναι ο πίνακας των βαρών σύνδεσης και η συνάρτηση f δίνεται από την σχέση

$$f(x) = (f(x_1) \quad f(x_2) \quad \dots \quad f(x_n))$$

Η σχεδίαση των δικτύων Hopfield δηλαδή ο προσδιορισμός των βαρών σύνδεσης επιδιώκει να εξασφαλίσει ότι ο επαναληπτικός υπολογισμός καταλήγει σε ένα σημείο, από ένα πεπερασμένο σύνολο σημείων που καθορίζουν τη λεγόμενη προσαρμοστική μνήμη.

Ένα εναλλακτικό επαναληπτικό δίκτυο Hamming. Αυτό ορίζεται από την ίδια επαναληπτική γενική μορφή με τη διαφορά ότι η μη γραμμικότητα f δίνεται από το τμηματικά γραμμικό μοντέλο. Το δίκτυο Hamming έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να επιλέγει τη μέγιστη των τιμών της εισόδου. Τα πολυστρωμικά και τα επαναληπτικά δίκτυα μπορούν να συνδυάσουν και να μελετηθούν με ενοποιημένο τρόπο. Με βάση τη θεωρία συστημάτων, τα δίκτυα αυτά αποτελούν δυναμικά, μη γραμμικά συστήματα, αποτελούμενα από αθροιστές, πολλαπλασιαστές, καθυστερήσεις και μη γραμμικότητες, όπως αυτές που συνδέονται σε σειρά, παράλληλα και με ανατροφοδότηση. Η συμπεριφορά εισόδου – εξόδου μιας συγκεκριμένης αρχιτεκτονικής νευρωνικού δικτύου καθορίζεται πλήρως όταν οι συντελεστές βάρους w_{ij} είναι γνωστοί. Ο υπολογισμός των συντελεστών βάρους, έτσι ώστε το δίκτυο να εκτελεί αποτελεσματικά μια συγκεκριμένη εργασία, αποτελεί ένα πρόβλημα σχεδιασμού συστημάτων. Αν η σχεδίαση βασίζεται σε δεδομένα εισόδου – επιθυμητής απόκρισης, τότε αναφερόμαστε σε ένα πρόβλημα ταυτοποίησης συστημάτων. Η ταυτοποίηση των συντελεστών βάρους συχνά αναφέρεται ως φάση εκμάθησης. Στη φάση εκμάθησης το δίκτυο τροφοδοτείται με πληροφορία εισόδου και επιθυμητής απόκρισης και προσπαθεί να ρυθμίσει τις παραμέτρους του έτσι ώστε να μπορεί να αποδώσει αυτή τη συμπεριφορά. Μόλις η περίοδος εκμάθησης ολοκληρωθεί και καθοριστούν οι συντελεστές η καλούμενη ικανότητα γενίκευσης του δικτύου εκφράζει το πόσο καλά λειτουργεί το δίκτυο με εισόδους διαφορετικές από αυτές του συνόλου εκμάθησης. Δημοφιλείς κανόνες του perceptron και ο αλγόριθμος της οπισθοδρομικής διάδοσης (back propagation).

Ο ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ BACK –PROPAGATION

Το 1986 οι Rumelhart, Hilton και Williams επινόησαν τον αλγόριθμο back-propagation που επηρέασε την εξέλιξη στο πεδίο των νευρωνικών δικτύων. Η κεντρική ιδέα του αλγορίθμου αυτού είναι ότι τα λάθη των νευρώνων εξόδου. Για το λόγο αυτό η μέθοδος ονομάζεται διάδοση του λάθους προς τα πίσω.

Η κεντρική ιδέα είναι αρκετά απλή: το δίκτυο ξεκινά τη διαδικασία μάθησης από τυχαίες τιμές των βαρών του. Αν για συγκεκριμένη είσοδο δώσει λάθος απάντηση, τότε τα βάρη διορθώνονται έτσι ώστε το λάθος να γίνει μικρότερο. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται πολλές φορές έτσι ώστε να ελαττώνεται σταδιακά το λάθος μέχρι να

γίνει πολύ μικρό και αμελητέο (Σχήμα 10). Στο σημείο αυτό συμπεραίνεται ότι το δίκτυο έχει "μάθει" τα παραδείγματα που του διδάχτηκαν με την επιθυμητή ακρίβεια. Τα δίκτυα που μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος back-propagation είναι τα δίκτυα πολλαπλών επιπέδων.



ΣΧΗΜΑ 10 : Στάδια επεξεργασίας μιας εικόνας.

1.2.2 ΑΣΑΦΗΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ (FUZZY CLUSTERING)

Η κύρια διαφορά των ασαφών ταξινομητών σε σχέση με τους σαφείς ταξινομητές έγκειται στο ότι κάθε στοιχείο πλέον μπορεί να ανήκει σε περισσότερες από μία κλάσεις. Συγκεκριμένα, M στοιχεία X_1, X_2, \dots, X_M που ανήκουν στο σύνολο S και αναζητά τις περιοχές (κλάσεις) S_1, S_2, \dots, S_K έτσι ώστε κάθε $x_i, i=1, 2, \dots, M$ να ταξινομηθεί σε κλάσεις έτσι ώστε $S_1 \sqcup S_2 \sqcup \dots \sqcup S_K = S$, χωρίς όμως να ισχύει η σχέση $S_i \cap S_j = \emptyset, \forall i \neq j$.

Η παραπάνω προσέγγιση είναι πρακτικά πολύ συνηθισμένη και χρήσιμη. Έστω λοιπόν μια διαδικασία ταξινόμησης ανδρών με βάση το ύψος τους στις κλάσεις $\{K, M, \Psi\}$, δηλαδή κοντός, μέτριος, ψηλός αντίστοιχα. Η ταξινόμηση μιας παρατήρησης του δείγματος μας με ύψος όπως 182 cm δύσκολα θα μπορούσε να αποδοθεί μόνο στην κλάση M ή μόνο στην κλάση Ψ .

Ο ΤΑΞΙΝΟΜΗΤΗΣ FUZZY C – means

Ο Fuzzy c-means ταξινομητής ο οποίος προτάθηκε από τον Bezdek το 1973 αποτελεί στην ουσία τη fuzzy εκδοχή του c-means αλγορίθμου και έχει ως κριτήριο την ελαχιστοποίηση της συνάρτησης :

$$J(W, V) = \sum_{i=1}^C \sum_{k=1}^n \sum_{ik} U_{ik} |x_k - v_i|^2$$

Όπου

- X_1, X_2, \dots, X_n είναι τα n στοιχεία του δείγματος που θα ταξινομηθούν,
- $V = \{v_1, v_2, \dots, v_c\}$ είναι τα κέντρα των κλάσεων,
- $U = [U_{ik}]$ είναι ένας $c \times n$ πίνακας, όπου U_{ik} είναι ο συντελεστής συμμετοχής στην κλάση του k από τα n στοιχεία του δείγματος.

Τα U_{ik} ικανοποιούν τις παρακάτω σχέσεις :

$$0 \leq U_{ik} \leq 1, \quad i=1, \dots, c, \quad k=1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^c U_{ik} = 1, \quad k=1, \dots, n, \quad i=1, \dots, c$$

- $m > 1$ είναι ένας προκαθορισμένος εκθετικός συντελεστής ασαφοποίησης.

Η μορφή του αλγορίθμου βασίστηκε στο ταξινομητή c -means που προτάθηκε το 1973 από τους Duta και Hart. Για να μπορέσει να χειριστεί τα δεδομένα με τέτοιο τρόπο ώστε αυτά τελικά να ταξινομούνται, με μια τιμή συμμετοχής, σε πολλές κλάσεις ο Dunn εισήγαγε μία fuzzy έκδοση του αλγορίθμου. Η τελική του μορφή του αλγορίθμου διαμορφώθηκε το 1973 από τον Bezdek ο οποίος εισήγαγε το συντελεστή ασαφοποίησης m . Οι κλάσεις που δημιουργεί ο ταξινομητής έχουν σφαιρικό σχήμα σύμφωνα με τον Hellendoorn και Driankov. Ο αλγόριθμος Fuzzy- c means υπάρχει υλοποιημένος στη βιβλιοθήκη Fuzzy toolbox MATLAB. Η σχετική υπορουτίνα `fcm` έχει την ακόλουθη μορφή :

Function[center,U,obj_fcn]=fcm(data,cluster_n,options)

Οι παράμετροι εισόδου είναι :

Data: το σύνολο των προς ταξινόμηση δεδομένων. Κάθε γραμμή του περιέχει τις τιμές ενός σημείου του χώρου των χαρακτηριστικών.

Cluster_n: το πλήθος των κλάσεων (πρέπει $cluster_n > 1$).

Options: προαιρετικές παράμετροι που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της διαδικασίας ταξινόμησης, τον καθορισμό κριτηρίων τερματισμού και σύγκλισης καθώς πληροφορίες που πρέπει να εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της ταξινόμησης:

Options (1): τιμή του m

Options (2): μέγιστος αριθμός επαναλήψεων.

Options (3): η τιμή του ϵ .

Options (4): καθορίζει τις πληροφορίες που θα εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας.

Οι παράμετροι εξόδου:

Center: τα τελικά κέντρα των κλάσεων, όπου κάθε γραμμή δίνει τις συντεταγμένες ενός κέντρου,

U: τελικές τιμές του πίνακα για τις τιμές συμμετοχής,

Obj_Fem: οι τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης κατά τη διάρκεια της ταξινόμησης.

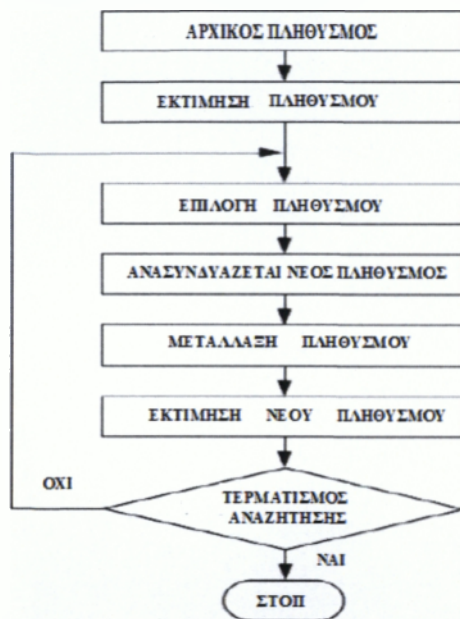
Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ FCM ΤΑΞΙΝΟΜΗΤΗ

Ο αλγόριθμος δεν συγκλίνει πάντα στο ίδιο βέλτιστο σημείο και συνεπώς δεν εξασφαλίζεται η σύγκλιση του στο απόλυτο βέλτιστο. Για τη γρήγορη σύγκλιση του αλγορίθμου αλλά και για τη σύγκλιση του σε ικανοποιητικό σημείο θα πρέπει οι αρχικές θέσεις των κέντρων των κλάσεων να είναι κοντά στο βέλτιστο σημείο σύγκλισης. Ένας τρόπος για την επιλογή ικανοποιητικού αρχικού σημείου είναι η χρησιμοποίηση αρχικά του Kohonen SOFM νευρωνικού ταξινομητή. Ο ταξινομητής αναγνωρίζει κλάσεις με υπερ-σφαιρική μορφή σε ένα n -διάστατο χώρο. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του αλγορίθμου όλες οι κλάσεις θεωρούνται ισοδύναμες από πλευράς μεγέθους δηλαδή σαν να έχουν όλες το ίδιο μέγεθος. Κάθε κλάση αντιπροσωπεύεται από το διάνυσμα του κέντρου της που σε πολλές περιπτώσεις καλείται πρότυπο διάνυσμα. Για το ξεπέραςμα του προβλήματος αυτού έχουν προταθεί διάφοροι αλγόριθμοι όπως ο ταξινομητής των Gustafson-Kessel. Αυτός ο ταξινομητής μπορεί να προσδιορίζει κλάσεις με ελλειψοειδές σχήμα.

1.2.3 ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

Οι Γενετικοί Αλγόριθμοι (Genetic Algorithms) επινοήθηκαν τη δεκαετία του '60 και συχνά ταυτίζονται με τη θεωρία του εξελικτικού προγραμματισμού (Evolutionary Programming). Η κεντρική ιδέα των αλγορίθμων αυτών βασίζεται στις προσαρμοστικές διαδικασίες που ακολουθούνται στη φύση, όπου ένας πληθυσμός χρωμοσωμάτων

μετατρέπεται σε έναν νέο πληθυσμό μέσω φυσικής επιλογή. Κατά τη διαδικασία αυτή, τα χρωμοσώματα αναπαράγονται, μεταλλάσσονται και διασταυρώνονται, για να παράγουν ισχυρότερους απογόνους, κάποιοι από τους οποίους, στο τέλος, επικρατούν (Σχήμα 11).



ΣΧΗΜΑ 11: Απλός γενετικός αλγόριθμος.

1.3 ΕΜΠΕΙΡΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (EXPERT SYSTEMS)

Εντάσσονται στα Συστήματα Ιατρικής Υποστήριξης (Medical Support Systems) και βοηθούν τους κλινικούς ιατρούς στην ανάλυση των στοιχείων των ασθενών, στην λήψη της τελικής τους απόφασης (θεραπευτική αγωγή). Επίσης βοηθούν στον ποιοτικό έλεγχο των ιατρικών αποφάσεων.

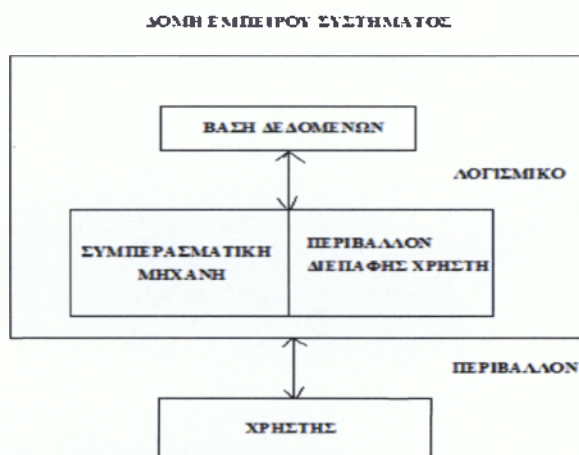
Οι τρόποι χρήσης τους είναι ο συμβουλευτικός και ο εκπαιδευτικός.

Το έμπειρο σύστημα (Σχήμα 12) είναι ένα σύστημα σε υπολογιστή και το οποίο έχει

- Ένα περιβάλλον επαφής με τον χρήστη (user interface).
- Μια συμπερασματική μηχανή (inference engine).
- Αποθηκευμένη εμπειρία όπως σύνολο κανόνων (rules) σε μια βάση γνώσης (knowledge base).

Σκοπός του είναι να δώσει συμβουλές ή λύσεις για τα προβλήματα συγκεκριμένης περιοχής. Ιστορικά η ανάπτυξη, εκτός ερευνητικών εργαστηρίων ξεκίνησε κατά σειρά με :

- Lips ή Prolog (non procedural languages). Επιτελούν το ρόλο εντολών στις κλασσικές γλώσσες προγραμματισμού. Η Prolog επιτρέπει τη χρήση μεταβλητών σε γεγονότα, κανόνες και ερωτήσεις
- Με τα λεγόμενα shells και μια συμβατική γλώσσα προγραμματισμού όπως C.
- Expert Systems Building Tools – ESBT.



Τα ESBT είναι πλέον σύγχρονη τεχνολογία η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και από τελικούς χρήστες (end users) όπως ιατρούς.

Η αναπαράσταση της γνώσης σε αυτό το σύστημα έχει γίνει με κανόνες της μορφής :

ΣΧΗΜΑ 12: Οι συνιστώσες ενός έμπειρου συστήματος.

IF <προϋπόθεση>
THEN <ενέργεια> (CF)

Όπου CF ένας συντελεστής βεβαιότητας .

Για παράδειγμα το σύστημα δίνει την κατάλληλη φαρμακευτική αγωγή την δοσολογία και την διάρκεια της θεραπείας.

IF αν υπάρχει λοίμωξη

AND η θετική καλλιέργεια προέρχεται από το αίμα

AND πιθανό σημείο έναρξης το στομάχι

THEN υπάρχουν στοιχεία ότι είναι βακτηριακή λοίμωξη στο αίμα

ΓΝΩΣΤΑ ΕΜΠΕΙΡΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ ΕΙΝΑΙ:
Αιματολογία – CLOT : διάγνωση διαταραχών
Οφθαλμολογία – IRIS
Γενική ιατρική – INTERNIST
Δερματολογία - EXPERT-D
Νεφρολογία – PIP : θεραπεία νεφρικών παθήσεων
Γυναικολογία – GRAVITA :παροχή συμβουλών για την εγκυμοσύνη
Καρδιολογία – DIGITALIS :διάγνωση καρδιολογικών παθήσεων

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Γνωστά έμπειρα συστήματα στην ιατρική.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Στο σχήμα υπάρχουν τρεις συνιστώσες σε ένα έμπειρο σύστημα :

- Περιβάλλον διεπαφής χρήστη είναι το περιβάλλον επικοινωνίας με τον χρήστη :
 1. Απλό menu εισαγωγής σε μια βάση δεδομένων ή
 2. Απλή εισαγωγή σειράς χαρακτήρων προκαθορισμένης μορφοποίησης ή
 3. Εισαγωγή σε ένα ηλεκτρονικό λογιστικό φύλλο όπως όπως excel.

Μερικές φορές η εισαγωγή στοιχείων γίνεται από στοιχεία που υπάρχουν σε άλλες εφαρμογές. Σε αυτή την περίπτωση το interface είναι ένα πρόγραμμα το οποίο αυτόματα εισάγει τα στοιχεία στο έμπειρο σύστημα.

Η συμπερασματική μηχανή είναι εκείνο το τμήμα του λογισμικού το οποίο περιέχει τις κατάλληλες μεθόδους τόσο για την αξιοποίηση βάσης γνώσης όσο και για την λύση του προβλήματος. Το έμπειρο σύστημα γενικά κάνει ερωτήσεις στον χρήστη για να πάρει τις πληροφορίες που χρειάζεται. Μετά η συμπερασματική μηχανή χρησιμοποιώντας την βάση γνώσης αναζητεί την προκύπτουσα γνώση και επιστρέφει στον χρήστη μια απόφαση ή μια συμβουλή. Για την δημιουργία της συμπερασματικής μηχανής, όταν η αναπαράσταση της γνώσης γίνεται με κανόνες (rules) υπάρχουν τρεις γενικές στρατηγικές συλλογισμού :

ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	ΕΜΠΕΙΡΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
Πληροφόρηση και διαδικασία σε ένα πρόγραμμα	Η βάση γνώσεων είναι ξεχωριστή από τον μηχανισμό διαδικασίας
Δεν κάνει λάθη	Μπορεί να κάνει λάθη
Οι αλλαγές είναι σχετικά σύνθετες	Οι αλλαγές είναι εύκολες
Το σύστημα λειτουργεί μόνο όταν ολοκληρωθεί	Το σύστημα λειτουργεί και με λίγους κανόνες
Η επεξεργασία δεδομένων είναι μια επαναληπτικά διαδικασία	Ο μηχανισμός γνώσεων είναι μια συμπερασματική διαδικασία
Παρουσίαση και χρήση δεδομένων	Παρουσίαση και χρήση γνώσεων
Διαχείριση ποσοτικών δεδομένων	Διαχείριση και ποιοτικών δεδομένων

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Σύγκριση τυπικών και έμπειρων συστημάτων.

1. Forward chaining (ξεκινά από τα δεδομένα).
 2. Backward chaining (ξεκινά δίνοντας πιθανή λύση).
 3. Mixed chaining (μεικτή τεχνική).
- Η βάση γνώσης (knowledge base) περιέχει γεγονότα και δεδομένα σχετικά με την συγκεκριμένη εφαρμογή. Η συμπερασματική μηχανή χρησιμοποιεί αυτήν την πληροφορία για να απαντήσει στο πρόβλημα. Υπάρχουν πολλοί τρόποι για την αναπαράσταση της γνώσης στην βάση γνώσης.

Η ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΜΠΕΙΡΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

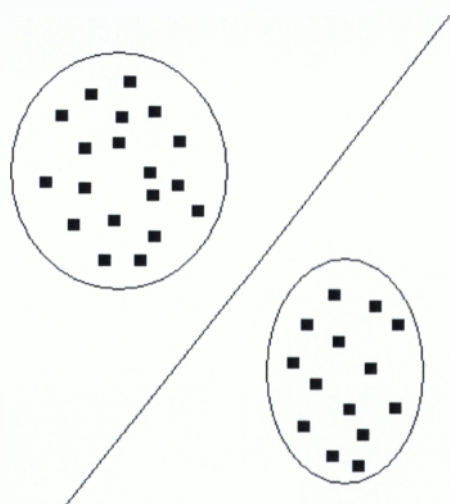
- Ειδικός τομέας (domain expert) : είναι ο κατά περίπτωση ειδικός.
- Μηχανικός γνώσεων (knowledge engineer) : είναι ο άνθρωπος που εισάγει την γνώση στο σύστημα. Έρχεται σε επαφή με τον ειδικό του τομέα ώστε να σιγουρευτεί ότι

όλη η υπάρχουσα γνώση έχει εισαχθεί και ότι οι γνώσεις είναι στη σωστή σειρά και μορφή.

- Μηχανικός συστήματος (system engineer) : είναι ο υπεύθυνος για την κατασκευή του περιβάλλοντος επαφής με τον χρήστη όπως και στο σχεδιασμό της φόρμας εισαγωγής στοιχείων. Είναι υπεύθυνος για την λειτουργία της συμπερασματικής μηχανής του έμπειρου συστήματος.
- Χρήστης (user) : είναι το άτομο που συμβουλευεται το σύστημα για λύση ενός προβλήματος. Συνήθως χρήστης είναι και ο ειδικός τομέας.

ΤΑΞΙΝΟΜΗΤΗΣ ΠΡΟΤΥΠΩΝ

Στην ταξινόμηση προτύπων έχουμε προκαθορίσει δύο ή περισσότερες κατηγορίες και ζητάμε να κατατάξουμε ένα αντικείμενο σε μια από αυτές τις κατηγορίες. Για παράδειγμα, στη ταξινόμηση καρδιογραφημάτων οι κατηγορίες μπορεί να είναι δύο, μία να αντιστοιχεί στα υγιή καρδιογραφήματα και μια στα παθολογικά καρδιογραφήματα. Έχοντας με κάποια ποσοτική μέθοδο προσδιορίσει τα χαρακτηριστικά που στοιχειοθετούν τις κατηγορίες αυτές επιδιώκουμε να κατατάξουμε ένα οποιοδήποτε καρδιογράφημα στην υγιή ή στη παθολογική ομάδα. Παρόμοια, μπορούμε να διατυπώσουμε το πρόβλημα για περισσότερες κατηγορίες, αντίστοιχες των καρδιακών παθήσεων. Αν η μεθοδολογία της ταξινόμησης μπορεί να υλοποιηθεί ο ταξινομητής που θα προκύψει αποτελεί ένα υπολογιστικό σύστημα αυτόματης διάγνωσης. Η μηχανή που πραγματοποιεί αυτόματη



αναγνώριση των χαρακτήρων μπορεί να βρίσκει κάθε γράμμα ανεξάρτητα από τον άνθρωπο ή τη μηχανή που το έγραψε. Μια άλλη σπουδαία εφαρμογή συναντάμε στην ανάλυση εικόνας. Εικόνες που αφορούν ένα συγκεκριμένο περιβάλλον όπως οι ακτίνες X ταξινομούνται σε κατηγορίες σύμφωνα με τις διάφορες παθολογικές καταστάσεις.

Η ταξινόμηση σημείων σε δύο ομάδες έχει την εξής εξίσωση μορφής :

$$y = W_1^T u + W_0$$

ΣΧΗΜΑ 13 : Ταξινόμηση σημείων σε δύο ομάδες.

Το W_1 είναι διάνυσμα μεγέθους d και το W_0 αριθμός. Έτσι, ένα σημείο u ανήκει στην τάξη A , αν $W_1^T u + W_0 > 0$

Ενώ $u \in B$, αν $W_1^T u + W_0 < 0$

Θεωρούμε τον νευρώνα $y = f(x)$, $x = W_1^T u + W_0 = W^T \hat{u}$

όπου $W^T = (W_0 \ W_1^T)$, $\hat{u}^T = (1 \ u^T)$

Με μη γραμμικότητα πρόσημου. Τότε το σημείο x θα καταχωρηθεί στην τάξη A, αν η αντίστοιχη έξοδος y ικανοποιεί την σχέση $y=1$, ενώ θα καταχωρηθεί στην τάξη B αν $y=-1$. Έτσι, η ταξινόμηση προτύπων μετατρέπεται σε πρόβλημα σχεδίασης συστημάτων. Παρατηρούμε ότι η τάξη των επιτρεπόμενων συστημάτων είναι πεπερασμένα παραμετροποιημένη. Για τον προσδιορισμό των παραμέτρων W , χρησιμοποιούμε συλλογή γνωστών προτύπων εισόδου $u(n), n=1,2,\dots,N$. Έστω $d(n)$ η επιθυμητή απόκριση

$$d(n) = \begin{cases} 1 & \text{αν } u(n) \in A \\ -1 & \text{αν } u(n) \in B \end{cases}$$

Η ακολουθία $d(n), n=1,2,\dots,N$ είναι γνωστά γιατί τα $u(n)$, A και B είναι όλα γνωστά. Σχηματίζουμε το σφάλμα

$$e(n) = d(n) - y(n)$$

ζητείται να καθορίσουμε τις παραμέτρους W έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί κάποιο κριτήριο του σφάλματος όπως το ολικό τετραγωνικό σφάλμα ή το κριτήριο perceptron. Μπορούμε να προχωρήσουμε με δύο τρόπους. Με τον πρώτο απάγεται από τη μη γραμμικότητα χρησιμοποιώντας το σφάλμα

$$\tilde{e}(n) = d(n) - x(n)$$

Ελαχιστοποίηση του ολικού τετραγωνικού σφάλματος, όταν το $e(n)$ αντικατασταθεί από το $\tilde{e}(n)$ οδηγεί στις κανονικές εξισώσεις. Η απλούστερη επιτυγχάνεται με την παραπάνω σχέση στην εκτίμηση των βαρών αντισταθμίζεται από τις δυσκολίες αξιολόγησης της απόδοσης και της ικανότητας γενίκευσης του παραγόμενου ταξινομητή. Η δεύτερη εναλλακτική λύση είναι να αντικαταστήσουμε την f με μια ομαλότερη συνάρτηση, όπως η σιγμοειδής συνάρτηση. Στην περίπτωση αυτή η διαφόριση του τετραγωνικού σφάλματος οδηγεί σε ένα σύνολο μη γραμμικών εξισώσεων ως προς το άγνωστο διάνυσμα βαρών.

$$\sum_{n=1}^N e(n) f'(x(n)) \hat{u}(n) = \sum_{n=1}^N (d(n) - y(n)) f'(x(n)) \hat{u}(n) = 0$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

2.1 ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

Προσπάθειες σύνθεσης μουσικής και δημιουργίας οπτικών τέχνης μέσω υπολογιστών χρονολογούνται από την δεκαετία του 1950. Μέχρι τώρα δεν έχει αναπτυχθεί κανένα σύστημα υπολογιστή ικανό να προσεγγίσει την ανθρώπινη ικανότητα λογισμού, γενίκευσης, ανακάλυψης σημασιών, ή μάθησης από προηγούμενη εμπειρία. Έχουν παραχθεί ορισμένα αποτελέσματα άμεσης πρακτικής αξίας σχετίζονται με την διαδικασία λήψης αποφάσεων, την επεξεργασία φυσικής γλώσσας, την οπτική αναγνώριση μέσω υπολογιστή και την ρομποτική, αντικείμενα που αναπτύσσονται διεξοδικά. Τα συστήματα που χρησιμοποιούν προσεγγίσεις τεχνητής νοημοσύνης είναι :

Το IDES είναι ένα πραγματικού χρόνου έμπειρο σύστημα ανίχνευσης παρεισφρήσεων. Παρατηρεί τη συμπεριφορά των χρηστών ενός συστήματος και μαθαίνει τι είναι συνηθισμένο για ανεξάρτητους χρήστες, για ομάδες χρηστών και για το ίδιο το σύστημα. Είναι το πιο ολοκληρωμένο πακέτο που συνθέτει διάφορες τεχνολογίες για την εξυπηρέτηση του σκοπού του και βρίσκεται σε διαρκή εξέλιξη για τη βελτιστοποίησή του και ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών.

Το IDES βασίζεται σε δύο αρχές:

- i. Οι παρεισφρήσεις, επιτυχείς ή επιχειρούμενες μπορούν να ανιχνευθούν όταν εξεταστεί λεπτομερώς η συμπεριφορά χρηστών που κάποια στιγμή φάνηκε να διαφοροποιείται από τη συνηθισμένη.
- ii. Γνωστοί τρόποι διείσδυσης και κακής χρήσης ενός συστήματος μπορούν να ανιχνευθούν από ένα από ένα σύστημα κανόνων με τη μορφή ενός έμπειρου συστήματος.

Το IDES καλύπτει και τις δύο αυτές αρχές βασικά χρησιμοποιώντας σύγχρονους εξελιγμένους στατιστικούς αλγόριθμους για την ανίχνευση ανώμαλων αλλά και συμπληρωματικά έχοντας υλοποιήσει ένα έμπειρο σύστημα που ανιχνεύει γνωστά σενάρια παρεισφρήσεων. Ο έλεγχος του υπό παρακολούθηση συστήματος παρέχει στο IDES αυτές τις εγγραφές ελέγχου ενώ το λογισμικό του ίδιου του IDES είναι εγκατεστημένο και εκτελείται σε διαφορετικό υπολογιστή. Εκεί σχηματίζονται και διατηρούνται τα προφίλ των χρηστών και των ομάδων χρηστών του συστήματος. Με τον όρο προφίλ εννοείται η περιγραφή με κάποιο συγκεκριμένο τρόπο της κανονικής συμπεριφοράς των παρακολουθουμένων. Τα προφίλ αυτά ενημερώνονται καθημερινά και έτσι το IDES μαθαίνει και προσαρμόζεται στα διάφορα χαρακτηριστικά των χρηστών. Τα προφίλ αυτά

είναι στατιστικά προφίλ δηλαδή η περιγραφή του χαρακτήρα γίνεται με τη βοήθεια στατιστικής πάνω σε διάφορες χαρακτηριστικές μετρήσεις.

Στο σύστημα IDES, σαν επέκταση του έμπειρου συστήματος αναπτύσσεται παράλληλα και ένα τμήμα ανίχνευσης παρεισφρήσεων με τη βοήθεια μοντέλων συμπεριφοράς (model-based intrusion detection). Το βασικό χαρακτηριστικό αυτού του τμήματος σε σχέση με αυτό του έμπειρου συστήματος είναι ότι ενώ το έμπειρο σύστημα προδιαθέτει για ανάπτυξη ανεξάρτητων, όχι καλά συσχετισμένων (ad hoc) κανόνων, το νέο τμήμα ενσωματώνει συγκεκριμένα μοντέλα μη επιτρεπτών δραστηριοτήτων. Αυτά τα μοντέλα περιγράφουν σενάρια παρεισφρήσεων και συνοδεύονται από ένα μηχανισμό καθορισμού και ανίχνευσης παρεισφρήσεων ανάμεσα από υποθετικά σενάρια που βασίζεται σε συμπερασματολογία σχετικά με την πιθανότητα να ισχύει ή να μην ισχύει το υποθετικό σενάριο συνολικά.

Ένα δεύτερο κλασικό σύστημα λογισμικού είναι το Wisdom and Sense που προσπαθεί επίσης να αναγνωρίσει διαδικασίες που αποκλίνουν από ήδη γνωστές πρότυπες μορφές. Είναι από τα πρώτα συστήματα που προχώρησαν ένα επίπεδο πιο πέρα από τον απλό έλεγχο πρόσβασης και υλοποιούν συνθετότερους ελέγχους κατηγοριοποίησης συνόλου πράξεων των χρηστών ενός συστήματος (transactions) σε σχέση με τη διαφοροποίηση αυτών των συνόλων πράξεων από παρόμοια σύνολα σχηματισμένα από επεξεργασμένα ιστορικά δεδομένα. Για τη λειτουργία του χρησιμοποιεί και αυτό τα αρχεία καταγραφής δραστηριοτήτων του συστήματος (αρχεία ελέγχου / audit trails). Το σύστημα βασίζεται στο γεγονός ότι οποιαδήποτε ανωμαλία χρήσης θα παράγει εγγραφές στα αρχεία καταγραφής δραστηριοτήτων μέσω των οποίων μπορεί να αναγνωριστεί. Φυσικά θεωρείται ότι τα αρχεία καταγραφής δραστηριοτήτων θα πρέπει να εμπλουτιστούν ως προς το είδος των στοιχείων που συλλέγονται. Και αυτό το σύστημα αντιμετωπίζει το πρόβλημα του τεράστιου και μη επεξεργάσιμου (ως προς την αποθηκευσιμότητα και αμεσότητα προσπέλασης) όγκου ιστορικής φύσης πληροφορίας για τις πράξεις των χρηστών του συστήματος. Η πρόκληση που τίθεται είναι η αφαιρετική και περιληπτική αναπαράσταση της πληροφορίας αυτής ώστε με ελάχιστες παραδοχές να είναι εφικτή η σύγκριση με τρέχουσες πράξεις του χρήστη.

Το Time-based Inductive learning είναι ένα άλλο σύστημα το οποίο αποκτά γνώση μέσω της εμπειρίας και με βάση αυτή τη γνώση δημιουργεί κανόνες για το πώς

εξελισσεται χρονικά η συμπεριφορά του χρήστη. Χρησιμοποιώντας αυτούς τους κανόνες έχει τη δυνατότητα να ανιχνεύει ανώμαλες χρήσης.

Και σε αυτό το σύστημα χρησιμοποιούνται σύνολα κανόνων για την ανίχνευση κακής χρήσης ενός συστήματος. Η σημαντική διαφορά εδώ είναι ότι τα βασικά χαρακτηριστικά των πράξεων των χρηστών που εκμεταλλεύεται το σύστημα είναι οι ιδιαιτερότητες της χρονικής εξέλιξης τους. Μια ενότητα σε ένα αρχείο αντιμετωπίζεται εδώ σαν ένα επεισόδιο με τη λογική ότι για να προβλεφτεί ένα συγκεκριμένο είδος γεγονότος, σκοπός είναι να ανακαλυφθεί από παρατηρήσεις ένα σύνολο χρονικά συσχετιζόμενων συνθηκών από τις οποίες προκύπτει ότι θα επακολουθήσει το προς πρόβλεψη γεγονός. Έτσι οι εγγραφές στο αρχείο θεωρούνται σαν χρονικά συσχετιζόμενες και αναζητείται αυτή η χρονική συσχέτιση. Ακολουθιακοί συσχετισμοί όπως επόμενο γεγονός, προηγούμενο γεγονός κ.λ.π. είναι καλά ορισμένοι και με βάση τέτοιους ορισμούς αναλαμβάνει το τμήμα δημιουργίας προφίλ συμπεριφοράς χρηστών να παράγει τα αντίστοιχα μοντέλα χρήσης.

Και σε αυτό το σύστημα οι κανόνες δημιουργούνται αυτόματα σε περιόδους ενημέρωσης των βάσεων κανόνων από τα αρχεία καταγραφής δραστηριοτήτων των χρηστών αλλά υπάρχει η δυνατότητα να επέμβει ο άνθρωπος διαχειριστής ασφαλείας του συστήματος για να διαμορφώσει υπάρχοντες κανόνες ή να προσθέσει νέους.

Και εδώ η ανίχνευση ύποπτων δραστηριοτήτων γίνεται με την ανακάλυψη αποκλίσεων των τρεχόντων πράξεων από τα ήδη δημιουργημένα και αναπαραστημένα μέσω των κανόνων προφίλ.

Το σύστημα αυτό έχει παρουσιάσει επίσης ικανοποιητικά αποτελέσματα ειδικά στις περιπτώσεις χρηστών που παρουσιάζουν σημαντικές ποικιλίες μεταβολών κατά τη διάρκεια χρήσης του συστήματος.

Η επαγωγικής φύσης προσέγγιση που ακολουθεί βασισμένη σε αναπαράσταση μέσω εκφράσεων λογικής, το καθιστούν να θεωρείται σαν αναγκαίο συμπληρωματικό μοντέλο στα άλλα συστήματα μοντέλων αναλογιών, όπως τα στατιστικά.

Το σύστημα που βασίζεται στο Pattern-oriented Intrusion Detection αναλύει μορφές ροής δεδομένων και δικαιώματα αντικειμένων σε σχέση με διαδικασίες πρόσβασης. Έτσι έχει τη δυνατότητα να ανακαλύπτει λειτουργικά προβλήματα ασφαλείας και να εξακριβώνει συγκεκριμένες μορφές παρεισφρήσεων. Και αυτό το μοντέλο παίζει

συμπληρωματικό ρόλο στην ασφάλεια των συστημάτων υπολογιστών και δικτύων παράλληλα με τα συστήματα που είναι βασισμένα σε μοντέλα στατιστικής. Η βασική διαφορά του από τα προηγούμενα είναι ότι ενδιαφέρεται για την αναγνώριση παρεισφρήσεων που έχουν άμεση σχέση με το γενικό πλαίσιο πράξεων του χρήστη (context-dependent intrusions). Με το μοντέλο αυτό παρέχεται ένας ακριβής ορισμός των καταστάσεων του συστήματος (system state), των μεταβολών αυτών των καταστάσεων (state transitions), και των άμεσων σχέσεων τους (direct relations) και επίσης με τη βοήθεια κανόνων που συνιστούν έμμεσες σχέσεις μεταξύ των υποκειμένων και των αντικειμένων που αναγνωρίζονται σε ένα σύστημα. Τα υποκείμενα και αντικείμενα αυτά ορίζονται αυστηρά σαν οι δύο τύποι κόμβων ενός γράφου (protection graph). Τα υποκείμενα είναι οι ενεργοί κόμβοι που ενεργοποιούν λειτουργίες, μεταφέρουν πληροφορία και μπορούν να μεταβάλλουν δικαιώματα και δικαιοδοσίες. Τα αντικείμενα είναι οι παθητικοί κόμβοι και δεν έχουν τη δυνατότητα να είναι άμεσες αιτίες ενεργοποίησης λειτουργιών. Το σύστημα έχει να επιδείξει ικανοποιητική συμπεριφορά λειτουργίας στην ανίχνευση χρήσης προγραμμάτων χωρίς πρόθεση από το χρήστη και στην διασπορά και εξάπλωση ιών.

Το MIDAS είναι ένας φλοιός – έμπειρο σύστημα με δυνατότητα επεξεργασίας ενός ικανοποιητικού αριθμού συμπερασματολογιών και βασίζεται και αυτό στις αρχές του μοντέλου Denning δηλαδή στην αναπαράσταση της συμπεριφοράς των δρώντων σε ένα σύστημα μέσω στατιστικών μετρήσεων και κανόνων για αξιοποίηση αυτού του είδους μετρήσεων. Επιπροσθέτως το MIDAS κατηγοριοποιεί τους ευρεστικούς κανόνες σε τέσσερις κατηγορίες: Άμεσους, που δρουν χωρίς μεγάλη ανάγκη την πληροφορία που είναι ιστορικά συγκεντρωμένη στα στατιστικά προφίλ, εύρεσης ανωμαλιών, που χρησιμοποιούν άμεσα την πληροφορία των στατιστικών προφίλ, καθολικών με τους οποίους καθορίζεται καθολικά η ομαλή συμπεριφορά και λειτουργία του συστήματος, και ευαισθησίας όπου εξετάζεται μια ακολουθία πράξεων του χρήστη. Η τελευταία κατηγορία βρίσκεται ακόμα υπό ανάπτυξη στο σύστημα.

Το σύστημα που βασίζεται στο task-based authorization είναι μια άλλη προσπάθεια που κάνει χρήση αποτελεσμάτων από το χώρο της θεωρητικής μελέτης των προβλημάτων των βάσεων δεδομένων. Οι περιορισμοί που μελετήθηκαν από τους ερευνητές των βάσεων δεδομένων σχετικά με την αποτελεσματικότητα των κλασσικών μοντέλων διεργασιών μεταφέρθηκαν στο χώρο των συστημάτων ασφαλείας σε χώρους κατανεμημένων εργασιών μεγάλης διάρκειας. Έτσι το σύστημα αυτό θεωρεί τις εργασίες με τα εξής

χαρακτηριστικά: Είναι μακράς διάρκειας, περιλαμβάνουν πολλαπλές υποεργασίες, υπάρχουν κατευθυντήριες γραμμές για την εκτέλεση τους και είναι κατανομημένα στο χώρο και στο χρόνο. Με το σύστημα αυτό γίνεται προσπάθεια να αντιμετωπιστούν προβλήματα όπως ποιες οι κατάλληλες αφαιρετικές διαδικασίες για τη διαχείριση του ελέγχου επιτρεπτότητας των εργασιών, με ποιες ομαδοποιήσεις οι σχετικές δραστηριότητες μπορούν συνολικά να εξεταστούν και με ποιο τρόπο μπορούν να ελεγχθούν οι κατανομές αρμοδιοτήτων.

Άλλα συστήματα που στη βασική τους θεωρητική προσέγγιση καλύπτονται από αυτά που έχουν ήδη αναφερθεί είναι το Intrusion Detection Agent που είναι ένα σύστημα λογισμικού που βασίζεται στη λειτουργία ενός συγκριτή μορφών βάση κανόνων (rule-based pattern matcher) και αξιοποιεί και αυτό στατιστικά προφίλ, το σύστημα Network Security Monitor που είναι ένα έξυπνο σύστημα παρακολούθησης δικτύου που επίσης χρησιμοποιεί αρχεία ελέγχου και στατιστικά προφίλ, το HAYSTACK, το DIDS και το NADIR που είναι επίσης συστήματα για ανίχνευση ανωμαλιών χρήσης σε ένα σύστημα χρησιμοποιώντας και αυτά αρχεία ελέγχου και έμπειρο σύστημα κανόνων. Τέλος, βρίσκεται υπό εξέλιξη το SECURENET που είναι ένα έξυπνο σύστημα ανίχνευσης και προστασίας συστημάτων δικτύων από παρεισφρήσεις. Το SECURENET έχει σχεδιαστεί για τη προστασία δικτυακού περιβάλλοντος και το βασικό χαρακτηριστικό του είναι ότι συνδυάζει την πλειοψηφία των μεθοδολογιών που προαναφέρθηκαν προσπαθώντας επιπλέον να υλοποιήσει βασικές προσεγγίσεις στα θέματα ασφάλειας.

Έτσι στο σύστημα SECURENET τα νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιούνται για να φιλτράρουν τις ιεραρχικά δομημένες εγγραφές δραστηριοτήτων των χρηστών. Κάθε μια από αυτές τις εγγραφές περιέχει πεδία που μπορούν να θεωρηθούν σαν τυχαίες μεταβλητές που η κατανομή τους περιγράφεται από ένα νόμο συναρτήσεων κατανομής. Τέτοιας μορφής νόμοι που αντιστοιχούν στην επίδραση της αντίστοιχης δραστηριότητας στην τρέχουσα κατάσταση του δικτύου, είναι δύσκολο να υλοποιηθούν βασιζόμενοι με τις τυχαίες μεταβλητές. Τα νευρωνικά δίκτυα, έχοντας τα χαρακτηριστικά που προαναφέρθηκαν, μπορούν αποτελεσματικά να προσεγγίσουν τέτοιας μορφής νόμους κανονικότητας της δραστηριότητας του δικτύου, αφού φυσικά θεωρείται ότι οι πράξεις που πραγματοποιούνται στο δίκτυο κατευθύνονται από κάποια λογική. Η χρήση των recurrent νευρωνικών δικτύων με τη δυνατότητα που έχουν να χειρίζονται χρονικές ακολουθίες κρατώντας στην εσωτερική τους μνήμη παρελθοντικά γεγονότα και τη δυνατότητα τους να κρατούν τους νόμους κανονικότητας της συμπεριφοράς του δικτύου

στην long term μνήμη τους, βοηθά στο να ξεπεραστούν προβλήματα που έχουν σχέση με την είσοδο δεδομένων σε συνάρτηση με το χρόνο.

2.2 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΟΡΑΣΗ

Οι πρόσφατες εξελίξεις στις αρχιτεκτονικές υπολογιστών, στα έμπειρα συστήματα, στους αλγόριθμους επεξεργασίας σημάτων και στις διατάξεις συλλογής και παρουσίασης εικόνων είχαν σημαντική επίδραση στο πεδίο της μηχανικής όρασης και της επεξεργασίας εικόνων. Ως μηχανική όραση ορίζεται η παρακολούθηση, ανάλυση και ερμηνεία των χαρακτηριστικών ενός περιβάλλοντος ή αντικειμένου με μερική ή ολική αντικατάσταση της ανθρώπινης όρασης από όργανα και υπολογιστές.

Η είσοδος ενός συστήματος τεχνητής όρασης είναι μία ή περισσότερες εικόνες και η έξοδος του είναι μια περιγραφή με σύμβολα που μπορεί να οδηγήσει μια συσκευή που εκτελεί μια συγκεκριμένη λειτουργία. Οι πιο σημαντικοί λόγοι που συμβάλλουν στην ανάπτυξη της μηχανικής όρασης είναι η μείωση του κόστους εργασίας και η απαλλαγή των ανθρώπων από εργασίες ρουτίνας, ο συνδυασμός υψηλής ταχύτητας παραγωγής και ποιοτικού ελέγχου και η εκτέλεση εργασιών που δεν πραγματοποιούνται με διαφορετικό τρόπο.

Τα συστήματα μηχανικής όρασης χρησιμοποιούνται και στη ιατρική ως συστήματα υποβοήθησης στη διάγνωση. Η υποβοήθηση στη διάγνωση με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή μπορεί να θεωρηθεί ως μία διαγνωστική διαδικασία που επιτελείται από το γιατρό με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Ο υπολογιστής χρησιμοποιείται μόνο ως εργαλείο παροχής και ανάλυσης πληροφοριών. Ο σκοπός των συστημάτων υποβοήθησης στη διάγνωση είναι η αύξηση της διαγνωστικής ακρίβειας των γιατρών, χρησιμοποιώντας ως οδηγό τα αποτελέσματα που εξάγονται από τον υπολογιστή. Τα αποτελέσματα που παράγονται από την υπολογιστική ανάλυση των δεδομένων, μπορούν να φανούν ιδιαίτερα χρήσιμα, γιατί η τελική διάγνωση εξαρτάται από την υποκειμενική κρίση του γιατρού.

Στον τομέα της ακτινολογίας, τα συστήματα υποβοήθησης στη διάγνωση επιτελούν τις λειτουργίες τους σε τρία στάδια. Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει την επεξεργασία της εικόνας και την εξαγωγή των υπόπτων περιοχών. Οι διεργασίες που επιτελούνται επιτελούνται σ' αυτό το στάδιο δεν έχουν ως στόχο να βοηθήσουν τον ακτινολόγο, αλλά να δημιουργήσουν τις κατάλληλες δομές έτσι ώστε να είναι εφικτή η ανάλυση των

πληροφοριών από τον υπολογιστή. Μερικές από τις πιο γνωστές τεχνικές επεξεργασίας εικόνας που έχουν εφαρμοσθεί για το σκοπό αυτό είναι η εφαρμογή φίλτρων βασισμένων στην ανάλυση Fourier, οι αναλύσεις wavelets, η μορφολογική επεξεργασία, τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα και άλλες.

Το δεύτερο στάδιο είναι η μέτρηση χαρακτηριστικών, όπως το μέγεθος, η αντίθεση και το σχήμα. Είναι δυνατόν να ορισθούν πάρα πολλά χαρακτηριστικά τα οποία δεν είναι κατανοητά από τον ανθρώπινο παρατηρητή, χρησιμοποιώντας μαθηματικές αναλύσεις. Παρόλα αυτά, καλό είναι να χρησιμοποιούνται χαρακτηριστικά τα οποία έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί και αναγνωρισθεί από τους ακτινολόγους, δεδομένου ότι η γνώση των ακτινολόγων βασίζεται σε παρατηρήσεις πάρα πολλών περιστατικών και η διαγνωστική τους ακρίβεια είναι γενικά πολύ υψηλή.

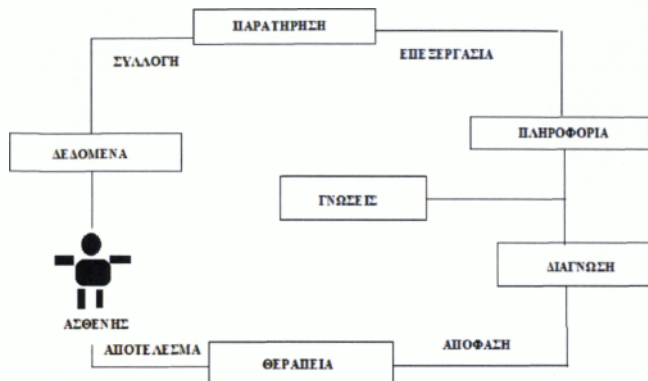
Το τρίτο στάδιο περιλαμβάνει την ταξινόμηση των δεδομένων που προκύπτουν, χρησιμοποιώντας τα χαρακτηριστικά που έχουν ορισθεί στο προηγούμενο στάδιο. Ο πιο κοινός και απλός τρόπος ταξινόμησης είναι η χρήση κανόνων. Οι κανόνες μπορούν να ορισθούν με βάση τα γνωρίσματα των παθολογικών και φυσιολογικών αντικειμένων. Πολλές άλλες τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αυτό το στάδιο. Μερικές από τις πιο γνωστές είναι τα δένδρα λήψης απόφασης και τα νευρωνικά δίκτυα.

Όταν εντοπίζονται απλά αντικείμενα σε μια εικόνα με ομοιόμορφο φόντο, η δυνατότητα αντίληψης των αντικειμένων από έναν ανθρώπινο παρατηρητή, περιορίζεται μόνο όταν τα αντικείμενα αυτά έχουν πολύ μικρή φωτεινότητα και από το θόρυβο της εικόνας. Όταν ο ανθρώπινος παρατηρητής δεν γνωρίζει την ακριβή τοποθεσία των αντικειμένων που πρέπει να εντοπίσει, τότε η δυνατότητα εντοπισμού τους μειώνεται ακόμα περισσότερο.

Κατά την υποβοήθηση στη διάγνωση ο υπολογιστής μπορεί να επιτελέσει το ρόλο του δεύτερου αναγνώστη. Σε πολλά διαγνωστικά κέντρα όπου η ακτινογραφία ερμηνεύεται από δύο διαφορετικούς ακτινολόγους, ο υπολογιστής μπορεί να λειτουργήσει ως δεύτερος αναγνώστης, μειώνοντας το κόστος. Επίσης, η εφαρμογή ενός συστήματος υποβοήθησης στη διάγνωση μπορεί να μειώσει το χρόνο διάγνωσης, δεδομένου ότι ο υπολογιστής μπορεί να επισημάνει όλες τις ύποπτες περιοχές.

Οι πληροφορίες υγείας, σε σχέση με τις πληροφορίες των άλλων επιστημών, έχουν πολλές ιδιαιτερότητες. Στην Ιατρική, όπως και στις άλλες Επιστήμες Υγείας, υπάρχουν διαδικασίες υψηλής πολυπλοκότητας, που αναφέρονται σε ζωντανούς οργανισμούς και τις

λειτουργίες τους. Μια ιδιαιτερότητα των πληροφοριών υγείας είναι ότι εξάγονται και διακινούνται κατά τα τρία διακριτικά στάδια της φροντίδας υγείας: την παρατήρηση, τη διάγνωση και τη θεραπεία. Η συμμετοχή αυτή παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.1.



ΣΧΗΜΑ 14: Ροή της πληροφορίας στα τρία στάδια της φροντίδας υγείας. Τα δεδομένα του ασθενή συλλέγονται κατά το στάδιο της παρατήρησης. Μετά την επεξεργασία τους προκύπτουν οι πληροφορίες που, σε συνδυασμό με τις υπάρχουσες γνώσεις, οδηγούν το γιατρό στη διάγνωση. Ακολούθως, ο γιατρός αποφασίζει το είδος της θεραπείας για τον ασθενή. Το αποτέλεσμα της θεραπείας έχει σημασία, καθώς θα παραχθούν νέα δεδομένα, ενώ ο κύκλος θα επαναληφθεί μέχρι να θεραπευτεί πλήρως ο ασθενής.

Στο στάδιο της παρατήρησης συλλέγονται δεδομένα σχετικά με την κατάσταση του ασθενή. Πρόκειται για δεδομένα προερχόμενα από διάφορες πηγές όπως το εργαστήριο, την κλινική εξέταση, τη λήψη ιστορικού, τις ενδοσκοπικές και άλλες απεικονιστικές μεθόδους και τα μηχανήματα παρακολούθησης. Η λήψη των αναγκαίων δεδομένων δεν είναι πάντα εύκολη, ενώ υπάρχει και ο κίνδυνος λάθους κατά τη συλλογή. Μάλιστα, μερικές φορές, υπάρχει τόσο μεγάλος όγκος δεδομένων που είναι αδύνατο να συλλεχθούν. Για το λόγο αυτό, άλλωστε, ακολουθείται ένα άτυπο “πρωτόκολλο” στη συλλογή των δεδομένων που καθορίζει ότι πρώτα λαμβάνεται το ιστορικό του ασθενή, ακολουθεί η κλινική εξέταση του, η διεκπεραίωση των εργαστηριακών εξετάσεων κ.ο.κ. Οι επαγγελματίες υγείας που συλλέγουν δεδομένα είναι :

- Οι γιατροί και οι νοσηλεύτες
- Το διοικητικό προσωπικό
- Το εργαστηριακό πρόσωπο
- Οι τεχνολόγοι ακτινολόγοι και
- Οι φαρμακοποιοί

Στο στάδιο της διάγνωσης, ο γιατρός αξιολογεί τις διαθέσιμες πληροφορίες (που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων του σταδίου της παρατήρησης) και σε συνδυασμό με τις γνώσεις του, καταλήγει σε μία διαγνωστική απόφαση. Ωστόσο, είναι δεδομένο, ότι οι απαιτούμενες γνώσεις που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση των πληροφοριών είναι πολλές. Είναι, λοιπόν, πιθανόν να είναι ελλειπείς οι γνώσεις του γιατρού σε κάποιο ειδικό θέμα ή να κάνει λανθασμένη θεώρηση μιας κατάστασης.

Στο τελευταίο στάδιο της θεραπείας, χρησιμοποιείται το προϊόν του προηγούμενου σταδίου, δηλαδή η διάγνωση της κατάστασης του ασθενή. Η κλινική γνώση που απαιτείται σε αυτό το στάδιο διαφέρει από εκείνη που χρησιμοποιήθηκε για τη διάγνωση.

Είναι, λοιπόν, φανερό ότι η συμμετοχή των πληροφοριών υγείας στα τρία αυτά στάδια αυξάνει την πολυπλοκότητα τους. Η εφαρμογή των υπολογιστών στη συλλογή της πληροφορίας, τη διάγνωση και τον καθορισμό της θεραπείας προσφέρει ουσιαστική λύση και εξομαλύνει αυτή την πολυπλοκότητα. Η Πληροφορική Υγείας περιλαμβάνει ποικίλες εφαρμογές Πληροφορικής τόσο για την ανάλυση απλών μηχανισμών όσο και για την επεξεργασία εξαιρετικά σύνθετων φαινομένων του χώρου της Υγείας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΤΗΛΕΙΑΤΡΙΚΗ

3.1 Η ΤΗΛΕΙΑΤΡΙΚΗ

Η τηλεϊατρική έχει ιδιαίτερη σημασία για την πατρίδα μας λόγω της γεωγραφικής ιδιομορφίας της χώρας (ορεινά χωριά, πολυάριθμα και απομονωμένα νησιά) και της άνισης κατανομής του πληθυσμού στα μεγάλα αστικά κέντρα και την περιφέρεια. Είναι, άλλωστε, κοινώς αποδεκτό ότι οι άνθρωποι που ζουν σε περιφερειακές και απομακρυσμένες περιοχές έχουν πρόβλημα γρήγορης πρόσβασης σε ιατρικά κέντρα υψηλής εξειδίκευσης, τα οποία είναι επανδρωμένα με πολύ καλά εκπαιδευμένους και εξειδικευμένους ιατρούς. Οι κάτοικοι των περιοχών αυτών έχουν πρόσβαση σε κάποιον αγροτικό ιατρό ή κέντρο υγείας αλλά πρέπει να ξοδέψουν σημαντικό χρόνο και χρήματα για να τύχουν εξειδικευμένης ιατρικής φροντίδας. Δεδομένου ότι η αξία της ανθρώπινης ζωής είναι ανεκτίμητη διαπιστώνεται η αναγκαιότητα εφαρμογής της τηλεϊατρικής για την καλύτερη παροχή ιατρικών υπηρεσιών σε εθνικό επίπεδο. Αν και το χρονικό διάστημα που η τηλεϊατρική βρίσκεται σε εφαρμογή δεν επιτρέπει την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων, μπορούν να γίνουν ορισμένες βάσιμες επιστημονικές για τις πρώτες επιδράσεις της στο εθνικό σύστημα υγείας. Η τηλεϊατρική υπόσχεται τον ερχομό της ημέρας όπου η καθοδηγητική γραμμή για την ιατρική περίθαλψη του ασθενούς θα εξατομικεύεται και η μακροχρόνια παρακολούθηση της εξέλιξης του προβλήματος υγείας ενός χρόνια πάσχοντος ασθενούς θα είναι δυνατή. Η καλύτερη πρόσβαση των ανεπαρκώς εξυπηρετούμενων περιοχών (π.χ. αγροτικές κοινότητες) σε εξειδικευμένες ιατρικές υπηρεσίες είναι ένα από τα πιο σημαντικά οφέλη που υπόσχεται η τηλεϊατρική. Βελτίωση στην καθημερινή ιατρική έρευνα έχει ήδη εμφανιστεί. Το να ψάξει κανείς ένα θέμα για κλινικούς ή εκπαιδευτικούς σκοπούς είναι απίστευτα απλό και απαιτεί ένα μικρό κλάσμα του χρόνου που θα απαιτούσε αυτή η έρευνα μέχρι τώρα. Η σταδιακή πρόοδος της τεχνολογίας στον τομέα των επικοινωνιών έβαλε τα θεμέλια για την ανάπτυξη της τηλεϊατρικής και στην Ελλάδα. Η ανάπτυξη των δραστηριοτήτων τηλεϊατρικής στην Ελλάδα, στη μορφή που αυτές παρουσιάζονται σήμερα, έχει την αφετηρία της κυρίως στις πρωτοβουλίες του Εργαστηρίου Ιατρικής Φυσικής της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών από το 1988. Σημαντική ώθηση δόθηκε από τα επονομαζόμενα “Προγράμματα Πλαίσιο” της Ευρωπαϊκής Ένωσης που άρχισαν να υλοποιούνται στα τέλη της δεκαετίας του 1980. Η ΕΕ είχε χρηματοδοτήσει τότε ανταγωνιστικά έργα με σκοπό την ανάδειξη των ερευνητικών διαστάσεων σε θέματα τηλεματικής στην υγεία και τη

δημιουργία του κατάλληλου περιβάλλοντος για το σχεδιασμό και την υλοποίηση υπηρεσιών υγείας και πρόνοιας με τη βοήθεια τηλεματικών τεχνολογιών. Αν και κατά καιρούς έχουν αναπτυχθεί διάφορες πιλοτικές εφαρμογές τόσο στο δημόσιο όσο και τον ιδιωτικό τομέα, γεγονός που επιβεβαιώνει τις δυνατότητες που προσφέρονται και τις θετικές επιπτώσεις που μπορεί να έχει η τηλεϊατρική στην παροχή υπηρεσιών υγείας υψηλής ποιότητας, η ανάπτυξη τέτοιου είδους υπηρεσιών δεν διατηρήθηκε με τον ίδιο ρυθμό μετά το 1992. Η Ελλάδα, από πρωτοπόρος ουσιαστικά στην Ευρώπη την περίοδο 1989-1992, έμεινε αρκετά πίσω. Η κατάσταση δεν είναι ιδιαίτερα καλή σήμερα, καθώς οι τεχνολογίες τηλεματικής δεν έχουν υιοθετεί από το σύστημα υγείας στο βαθμό και με την ποιότητα που επιβάλλεται. Τα μεγαλύτερα εμπόδια φαίνονται να είναι οι πολύ μεγάλες ανάγκες εκπαίδευσης, που δεν καλύπτονται προς το παρόν από καμία στρατηγική και κανένα πρόγραμμα, και οι ελλείψεις καταρτισμένου προσωπικού.

3.2. ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑ ΤΗΛΕΙΑΤΡΙΚΗΣ

Ακολουθώς αναφέρονται τα σημαντικότερα ερευνητικά έργα και προγράμματα τηλεϊατρικής τα οποία έχουν ήδη υλοποιηθεί ή γίνονται ακόμη στον ελλαδικό χώρο.

3.2.1 Το Ελληνικό Πρόγραμμα Τηλεϊατρικής

Το πρώτο σύστημα τηλεϊατρικής εγκαταστάθηκε στο Σισμανόγλειο Νοσοκομείο το 1989 στο πλαίσιο πιλοτικού προγράμματος σε συνεργασία με το Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής του Πανεπιστημίου Αθηνών. Η πειραματική φάση του προγράμματος χρηματοδοτήθηκε από το Υπουργείο Υγείας, τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας και το πρόγραμμα "Science For Stability" (SFS) του NATO, ενώ η πιλοτική του φάση από το Υπουργείο Υγείας και τον ΟΤΕ. Το 1992, με απόφαση του Υπουργείου Υγείας, δημιουργήθηκε το αρχικό δίκτυο τηλεϊατρικής που συνέδεσε το Σισμανόγλειο με 12 περιφερειακά Κέντρα Υγείας^[1]. Το 1995 η Μονάδα Τηλεϊατρικής εντάχθηκε στον Οργανισμό του Σισμανόγλειου, το οποίο ορίστηκε ως νοσοκομείο υποστήριξης του δικτύου τηλεϊατρικής του Εθνικού Συστήματος Υγείας. Έκτοτε, προστέθηκαν στο δίκτυο και άλλα Κέντρα Υγείας και μέχρι το 2007 η μονάδα ήταν ήδη συνδεδεμένη με 42 περιφερειακές μονάδες υγείας ενώ είχε εξυπηρετήσει περίπου 9.000 περιστατικά διαφόρων ειδικοτήτων. Σκοπός του συστήματος τηλεϊατρικής είναι η παροχή εξειδικευμένων

¹ (Σαντορίνης, Γυθείου, Σουφλίου, Τσοτλίου, Μύρινας, Θεσπρωτικού, Φιλιατών, Πάρου, Αμυνταίου, Σκοπέλου, Εχίνου και Αστυπάλαιας)

διαγνωστικών και θεραπευτικών πληροφοριών στις υγειονομικές μονάδες που υποστηρίζονται από το δίκτυο, καθώς επίσης και η υποστήριξη προγραμμάτων προληπτικής ιατρικής, αγωγής υγείας και εκπαίδευσης υγειονομικών στελεχών. Τις υπηρεσίες τηλεϊατρικής απολαμβάνουν και οι υπάλληλοι του Υπουργείου Εξωτερικών, είτε αυτοί βρίσκονται στην Ελλάδα είτε υπηρετούν σε ελληνικές πρεσβείες και προξενεία στο εξωτερικό.

3.2.2 Το πρόγραμμα VSAT

Το VSAT (1994-1996) αποσκοπούσε στην οργάνωση και παροχή υπηρεσιών τηλεϊατρικής με χρήση δορυφορικών επικοινωνιών (EUTELSAT), ειδικών τερματικών συσκευών (Very Small Aperture Terminals – VSAT) και ηλεκτρονικών ιατρικών φακέλων. Το έργο χρηματοδοτήθηκε από τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας και το πρόγραμμα “Science For Stability”^[2] του NATO. Στα πλαίσια του προγράμματος έγινε προσαρμογή του χρησιμοποιούμενου λογισμικού των ιατρικών φακέλων HEALTH-one για την αντιμετώπιση περιστατικών γενικής ιατρικής, παιδιατρικής, καρδιολογίας, περιστατικών ασθενών με σακχαρώδη διαβήτη ή υπέρταση και νευρολογικών περιστατικών.

3.2.3 Το πρόγραμμα ΤΑΙΩΣ

Σκοπός του έργου αυτού ήταν η ανάπτυξη ενός δικτύου παροχής υπηρεσιών τηλεκαρδιολογίας σε Κέντρα Υγείας και περιφερειακά ιατρεία νησιών του Αιγαίου. Το σύστημα επιτρέπει τη συλλογή και μετάδοση μίας σειράς σημαντικών νοσημάτων και εικόνων του ασθενούς μέσω διάφορων τηλεπικοινωνιακών δικτύων, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η επικοινωνία με ειδικευμένους ιατρούς ενός νοσοκομείου ή ιατρικού κέντρου ακόμη και από σημεία όπου η ύπαρξη ενσύρματων τηλεφωνικών γραμμών είναι αβέβαιη. Αξιοσημείωτη προσπάθεια στο πρόγραμμα αυτό αποτέλεσε η συνεργασία δημόσιων και ιδιωτικών φορέων για την υλοποίηση του έργου. Συγκεκριμένα, το έργο επιχορηγήθηκε από την Interamerican Βοήθειας για την αγορά και διάθεση πάγιου εξοπλισμού στα Κέντρα Υγείας, καθώς και για τη διοικητική και εκπαιδευτική υποστήριξη. Οι υπηρεσίες παρέχονται από το 1995 από τις δύο καρδιολογικές κλινικές του Ωνάσειου Καρδιοχειρουργικού Κέντρου (ΩΚΚ) στα Κέντρα Υγείας Μήλου, Μυκόνου,

² Στο πρόγραμμα συμμετείχαν, εκτός από το Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής του Πανεπιστημίου Αθηνών, η εταιρεία ΤΕΧΝΟΓΝΩΣΗ Α.Ε., τα νοσοκομεία “Λαϊκό”, “Αγία Σοφία” και “Ωνάσειο”, τα Κέντρα Υγείας Νάξου, Καρπάθου και Μήλου και το περιφερειακό ιατρείο Αρκεσίνης Αμοργού.

Νάξου, Σαντορίνης και Σκιάθου. Το 1996 προστέθηκαν στο πρόγραμμα το Κέντρο Υγείας Πλωμαρίου Λέσβου και το περιφερειακό ιατρείο Αρκεσίνης Αμοργού. Εκτός από την παροχή υπηρεσιών τηλεκαρδιολογίας σε άτομα που χρήζουν άμεσης ιατρικής παρέμβασης, είναι ιδιαίτερα επιθυμητή και η συνεχιζόμενη εκπαίδευση των ιατρών σε θέματα τηλεϊατρικής και καρδιολογίας με έμφαση στην αντιμετώπιση επειγόντων περιστατικών.

3.2.4 Το πρόγραμμα HERMES

Το ερευνητικό έργο HERMES ήταν ένα τριετές πρόγραμμα τηλεϊατρικής (1996-1998) που χρηματοδοτήθηκε από την Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Όλες οι υπηρεσίες προσφέρονταν με την ανταλλαγή των ηλεκτρονικών ιατρικών φακέλων των ασθενών. Ο σχεδιασμός του έργου αυτού πραγματοποιήθηκε από τις Ιατρικές Σχολές των Πανεπιστημίων Εδιμβούργου και Αθηνών, ενώ στο συντονισμό του συμμετείχαν επίσης ιατρικοί, τεχνικοί και επιχειρησιακοί εμπειρογνώμονες από τη Γερμανία, το Βέλγιο, την Πορτογαλία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Από την ελληνική πλευρά μετείχαν η ερευνητική ομάδα VSAT και η εταιρεία Intrasoft. Στον ελλαδικό χώρο δόθηκε έμφαση στην παροχή υπηρεσιών μητρότητας σε νησιά του Αιγαίου με σημεία υποστήριξης μαιευτικές και γυναικολογικές κλινικές στην Αθήνα και το Εδιμβούργο. Τα Κέντρα Υγείας Νάξου και Μυκόνου θα υποστηρίζονταν, κατόπιν συμφωνίας μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών, από τη Β' Μαιευτική και Γυναικολογική Κλινική του Αρεταίειου Νοσοκομείου. Κατά το πρώτο έτος εφαρμογής του προγράμματος δόθηκε έμφαση στην παροχή υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης, ενώ τα επόμενα δύο οι υπηρεσίες του επεκτάθηκαν καλύπτοντας την παρακολούθηση κυήσεων, διάφορες εφαρμογές τηλεκαρδιολογίας και γενικής ιατρικής και ιατρικές υπηρεσίες εν πτήση. Το ερευνητικό έργο HERMES περατώθηκε επιτυχώς στις 31 Δεκεμβρίου 1998.

3.2.5 Το πρόγραμμα MEDASHIP

Αποτελεί ένα πρωτοποριακό σύστημα τηλεϊατρικής για τη σύνδεση εμπορικών και επιβατηγών πλοίων εν πλω με νοσοκομεία σε όλη την Ευρώπη. Η παρουσίαση του προγράμματος πραγματοποιήθηκε το 2003 στο Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. "Δημόκριτος" ενώ η

χρηματοδότησή του έγινε κατά 50% από κοινοτικούς πόρους. Στην αρχική φάση εφαρμογής του το MEDASHIP (εικ.4)παρείχε τις υπηρεσίες του αποκλειστικά σε ελληνικά και ιταλικά πλοία. Μέσω αυτού του τεχνολογικά προηγμένου προγράμματος πλοία που ταξιδεύουν έχουν τη δυνατότητα να συνδεθούν μέσω δορυφόρου με νοσοκομεία σε διάφορα μέρη της Ευρώπης ώστε να αντιμετωπιστεί άμεσα και αποτελεσματικά οποιοδήποτε περιστατικό προκύψει ενδεχομένως εν πλω. Η πρωτοποριακή αυτή εφαρμογή της τηλεϊατρικής στα πλοία συνέβαλε σημαντικά στην αναβάθμιση των παρεχόμενων υπηρεσιών τόσο στους επιβάτες όσο και στα μέλη των πληρωμάτων.



Εικόνα 4: Εφαρμογή του προγράμματος τηλεϊατρικής MEDASHIP.

3.2.6 Το έργο ΑΣΠΑΣΙΑ

Σκοπός του έργου ήταν οι δυνατότητες αναβάθμισης του νοσοκομειακού περιβάλλοντος, η ποιοτική βελτίωση των συνθηκών παροχής υπηρεσιών υγείας και απασχόλησης του προσωπικού, η δημιουργία συνθηκών για την ουσιαστική ενημέρωση σε θέματα υγείας και, γενικότερα, η συμβολή στην ανάπτυξη μίας μεθοδολογίας σχεδιασμού τέτοιων σύγχρονων “ψηφιακών” περιοχών (Σύγχρονων Ασκληπιείων). Στα πλαίσια του έργου πραγματοποιήθηκε και μελέτη για τη δημιουργία ενός τηλεματικού δικτύου με βάση τις απαιτήσεις των νοσοκομειακών μονάδων του Ασκληπιείου Πάρκου Αθηνών.

3.2.7 Το πρόγραμμα VODAFONE

Στα πλαίσια της κοινωνικής της δραστηριότητας η εταιρεία κινητής τηλεφωνίας Vodafone έχει δημιουργήσει, σε συνεργασία με το Χατζηπατέριο Κέντρο

Αποκατάστασης Σπαστικών Παιδιών, ένα πρόγραμμα τηλεπαρακολούθησης παιδιών με εγκεφαλική παράλυση (2002-2004). Πρόκειται για ένα πρωτοποριακό πρόγραμμα που συνδυάζει την τεχνολογία με την ιατρική, προσφέροντας σε παιδιά με ιδιαίτερες ανάγκες θεραπεία, εκπαίδευση, δυνατότητες επικοινωνίας και κοινωνικής ένταξης και βέβαια ιατρική παρακολούθηση σε καθημερινή βάση. Μία ομάδα από παιδίατρος, φυσιοθεραπευτές, εργοθεραπευτές, ψυχολόγους και κοινωνικούς λειτουργούς φροντίζει για τη συστηματική εφαρμογή της θεραπείας των παιδιών, αλλά και την υποστήριξη των υπόλοιπων μελών της οικογένειας στην αντιμετώπιση των καθημερινών θεμάτων που ανακύπτουν.

3.2.8 Το ερευνητικό έργο ΝΙΚΑ

Το ερευνητικό έργο ΝΙΚΑ (1995-1997) ήταν ένα πρόγραμμα μερικώς χρηματοδοτούμενο από τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας. Αντικείμενό του ήταν η ανάπτυξη ενός γενικευμένου ολοκληρωμένου συστήματος για τη διαχείριση και επεξεργασία ιατρικής εικόνας με σκοπό την εφαρμογή του σε εθνική κλίμακα για την κάλυψη των αναγκών της περιφέρειας σε κρίσιμα σημεία της ιατρικής δραστηριότητας. Το ολοκληρωμένο σύστημα εφαρμόστηκε πιλοτικά στο Ωνάσειο Καρδιοχειρουργικό Κέντρο για καρδιολογικά περιστατικά, ενώ η δεύτερη πιλοτική εφαρμογή καλύπτει τις ανάγκες απομακρυσμένων περιοχών στο Νομό Εύβοιας. Με την εγκατάσταση ενός συστήματος τηλεϊατρικής από το Ε.Μ.Π. εκεί, το σύστημα ολοκληρώνει εφαρμογές τηλεακτινολογίας (ψηφιοποίηση, μετάδοση και επισκόπηση ακτινολογικών φιλμ) και τηλεκαρδιολογίας (μετάδοση καρδιογραφικών δεδομένων). Το σύστημα εγκαταστάθηκε στο Κέντρο Υγείας Ιστιαίας και στο νοσοκομείο Κύμης, ενώ η υποστήριξη γίνεται από το νοσοκομείο Χαλκίδας.

3.2.9 Τα προγράμματα του Ι.Τ.Ε.

Το Ινστιτούτο Έρευνας και Τεχνολογίας έχει επίσης κατά καιρούς ολοκληρώσει μία σειρά από έργα και προγράμματα τηλεϊατρικής, τα σημαντικότερα από τα οποία είναι το TelePACS (1992-1995), το οποίο χρηματοδοτήθηκε από τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας και οι βασικοί στόχοι του οποίου ήταν:

- η πρόσληψη, η κατανομημένη αρχειοθέτηση και η διαχείριση ιατρικών εικόνων και άλλων δεδομένων του ιατρικού φακέλου ασθενών σε περιβάλλον νοσοκομείου
- η συμβατότητα με τα διεθνή πρότυπα
- η απλότητα και φιλικότητα της διεπαφής χρήστη

- η τηλεματική μεταφορά εικόνων και άλλων δεδομένων σε γεωγραφικά απομακρυσμένες περιοχές
- η έξυπνη, ιεραρχική διαχείριση αρχειοθέτησης και ανάκλησης δεδομένων
- η ψηφιακή επεξεργασία και ανάλυση εικόνων και βιοσημάτων το TEMeTeN (1997-2000), το οποίο ήταν ένα διαπεριφερειακό έργο που χρηματοδοτήθηκε εν μέρει από την Ευρωπαϊκή Ένωση με σκοπό την ανάπτυξη και επίδειξη καινοτόμων υπηρεσιών τόσο στον τομέα της υγείας, με την ανάπτυξη και αξιολόγηση ολοκληρωμένων περιφερειακών δικτύων τηλεματικών εφαρμογών, όσο και στον τομέα της τηλεεργασίας με την ανάπτυξη βασικών υποδομών (κέντρα τηλεεργασίας) και προωθημένων υπηρεσιών και συστημάτων υποστήριξης (virtual office). Στο έργο συμμετείχαν συνολικά 22 φορείς από 5 ευρωπαϊκές περιφέρειες. Το HYGEIAnet^[3] (1998-2001), το οποίο αποτελέσε το πρώτο ολοκληρωμένο περιφερειακό δίκτυο τηλεματικών εφαρμογών στην υγεία. Πρόκειται για ένα ανοικτό και επεκτάσιμο δίκτυο ευρείας εμβέλειας για τη διασύνδεση των φορέων όλων των βαθμίδων της ιεραρχίας του ΕΣΥ (πρωτοβάθμιας, δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας παροχής υπηρεσιών υγείας) στην Περιφέρεια της Κρήτης. Με συνεργασία του Ινστιτούτου Πληροφορικής του Ινστιτούτου Τεχνολογίας και Έρευνας (ΙΠ-ΙΤΕ) και όλων των τοπικών φορέων υγείας, το HYGEIAnet αναπτύχθηκε και τέθηκε πιλοτικά και με μεγάλη επιτυχία σε καθημερινή χρήση παρέχοντας υπηρεσίες επείγουσας προνοσοκομειακής περίθαλψης (υποστήριξη ΕΚΑΒ), τηλεκαρδιολογίας, τηλεακτινολογίας, κατ'οίκον φροντίδας και διαχείρισης ηλεκτρονικών φακέλων υγείας του πολίτη. Το Twister (2004-2007), το οποίο συγχρηματοδοτήθηκε από την ευρωπαϊκή επιτροπή και είχε ως στόχο την ανάπτυξη και αποδοχή ευρυζωνικών υπηρεσιών σε σημαντικές περιοχές εφαρμογών όπως η υγεία, η αγροτική ανάπτυξη, η δημόσια διοίκηση και το ηλεκτρονικό εμπόριο. Στον τομέα της υγείας, ειδικότερα, ο σκοπός του προγράμματος ήταν η βελτίωση των υπηρεσιών υγείας σε απομονωμένες περιοχές της Ελλάδας σε συνεργασία με το ΕΚΑΒ Κρήτης και φορείς υγείας των Περιφερειών Κρήτης και Νοτίου Αιγαίου. Αναλυτικότερα, το έργο συνέβαλε στη συνέχεια της φροντίδας υγείας των πολιτών μέσω του ηλεκτρονικού φακέλου υγείας, στη συνεχιζόμενη εκπαίδευση του ιατρικού προσωπικού, τη βελτίωση του χρόνου απόκρισης στα επείγοντα περιστατικά που διακομίζονταν στο Ηράκλειο και στην

³ Το έργο εφαρμόστηκε στα Κέντρα Υγείας Χάρακα και Κανδάνου (και τα περιφερειακά τους ιατρεία) και στο Κέντρο Υγείας Σαντορίνης και τα περιφερειακά ιατρεία στην Ανάφη, τη Σίκινο, τη Φολέγανδρο και τη Θηρασιά.

καλύτερη συνεργασία μεταξύ ΕΚΑΒ Κρήτης και των μονάδων υγείας στα νησιά του Νοτίου Αιγαίου.

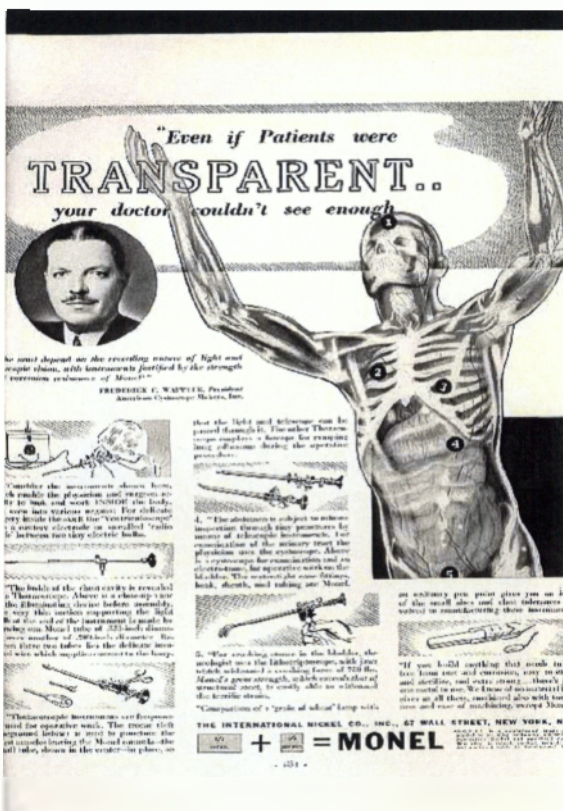
3.3 ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕ ΕΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟ ΤΟ FDA

Ημερομηνία	Επέμβαση
26 Απριλίου 2005	Γυναικολογικές Λαπαροσκοπικές Επεμβάσεις
30 Ιανουαρίου 2003	Ενδοσκοπική Επέμβαση Διαφραγματικού Ελλείμματος της Καρδίας
13 Νοεμβρίου 2002	Εγχείρηση Αποκατάστασης Μιτροειδούς Βαλβίδας
12 Νοεμβρίου 2002	Επεμβάσεις Καρδιοτομίας με χρήση Θωρακοσκοπησης
11 Ιουλίου 2000	Γενική Λαπαροσκοπική Χειρουργική (χοληδόχος κύστη, γαστροοισοφαγική παλινδρόμηση και γυναικολογική χειρουργική)
5 Μαρτίου 2001	Θωρακοσκοπική Χειρουργική
30 Μαΐου 2001	Λαπαροσκοπική Ριζική Προστατεκτομή
31 Ιουλίου 1997	Βοήθεια στο Χειρουργείο

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 : Επεμβάσεις που έχουν εγκριθεί από την FDA.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ

4.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ



Εικόνα 5: Άρθρο από παλαιά εφημερίδα

Για να φτάσουμε όμως να μιλάμε για χειρουργικά ρομπότ προηγήθηκαν σημαντικά γεγονότα. Πρώτη φορά η λέξη ρομπότ χρησιμοποιήθηκε το 1920 από ένα Τσεχοσλοβάκο θεατρικό συγγραφέα των Karel Capek στο έργο του «Rossum's Universal Robots» . Η λέξη ρομπότ προέρχεται από την τσέχικη λέξη robota, που σημαίνει «κουραστική δουλειά». Το 1938 (εικ.5) σχεδιάζεται από τους Αμερικανούς Willard Pollard και Harold Roselund ο πρώτος προγραμματιζόμενος μηχανισμός βαφής τοίχων με σπρέι. Τέσσερα χρόνια αργότερα το 1941 ο Isaac Asimov^[4] χρησιμοποιεί τη λέξη «ρομποτικά» (robotics) για να περιγράψει την τεχνολογία των ρομπότ και προβλέπει την πρόοδο μιας ισχυρής βιομηχανίας ρομπότ. Ένα χρόνο μετά στο έργο του “Runaround” ορίζει τους τρεις νόμους

⁴ συγγραφέας επιστημονικής φαντασίας

Τα ρομποτικά χειρουργικά συστήματα έκαναν την εμφάνιση τους στα χειρουργικά δωμάτια ως επιδέξιοι χειρουργικοί βοηθοί και ως απάντηση στην απαίτηση των χειρουργών να βρεθούν τρόποι να αντιπαρέλθουν τους περιορισμούς της ελάχιστα επεμβατικής χειρουργικής τεχνικής (MIS). Η πρόοδος της τεχνολογίας της πληροφορίας, της ρομποτικής και της χειρουργικής, βοήθησαν σημαντικά το τμήμα της έρευνας που αφορά την κατασκευή χειρουργών-ρομπότ ή αλλιώς ρομποτικών χειρουργικών συστημάτων. Η πρώτη γενιάς χειρουργικών ρομπότ έχει ήδη εισαχθεί σε αρκετά χειρουργικά δωμάτια ανά τον κόσμο.

της ρομποτικής. Το 1951 στη Γαλλία ο Raymond Goertz σχεδίασε το πρώτο τηλεχειριζόμενο αρθρωτό βραχίονα για την Υπηρεσία Ατομικής Ενέργειας. Το σχέδιο βασιζόταν σε ένα μηχανισμό που αποτελούσαν από ατσάλινα χονδρά καλώδια και τροχαλίες. Αυτό γενικά θεωρήθηκε ως ορόσημο στη τεχνολογία ανάδρασης δύναμης. Το πρώτο προγραμματιζόμενο ρομπότ σχεδιάστηκε το 1954 από τον George Devol ενώ καθόρισε τον όρο «πλήρης αυτοματοποίηση» (Universal Automation) τον οποίο έδωσε αργότερα ως όνομα για την εταιρεία του- Unimation-την πρώτη εταιρεία για ρομπότ που σύστησε το 1956 με τον Joseph Engelberger. Ενώ το 1959 παρουσιάστηκε η πρώτη σέρβο-μηχανική κατασκευή υποβοηθούμενη από κομπιούτερ στο M.I.T.. Το 1960 η εταιρεία Unimation εμπορεύεται το πρώτο ρομπότ κινούμενο με κυλίνδρους το οποίο ονομάζεται Versatran. Το 1962 η εταιρεία General Motors αγοράζει το πρώτο βιομηχανικό ρομπότ από την εταιρεία Unimation και το τοποθετεί στη γραμμή παραγωγής. Ερευνητικά εργαστήρια τεχνητής νοημοσύνης άνοιξαν το 1964 στο M.I.T., στο Ινστιτούτο Ερευνών του Στάνφορντ (SRI) και στο Πανεπιστήμιο του Εδιμβούργου. Το 1968 το SRI κατασκευάζει τον ρομπότ Shakey, ένα κινούμενο ρομπότ ελεγχόμενο από τεχνητή νοημοσύνη, με «ικανότητα όρασης», ελεγχόμενο από ένα υπολογιστή στο μέγεθος ενός δωματίου. Δύο χρόνια αργότερα (1970) ο καθηγητής Victor Scheinman σχεδιάζει τον Πρότυπο ρομποτικό Βραχίονα που ελέγχονταν από υπολογιστή και ήταν ο πρώτος ηλεκτρικά κινούμενος βραχίονας. Σήμερα η κινηματική του διαμόρφωση παραμένει γνωστή ως Πρότυπος Βραχίονας. Ο T3 ήταν το 1973 ο πρώτος εμπορικά διαθέσιμος μικροελεγκτής βιομηχανικού ρομπότ σχεδιασμένος από τον Richard Hohn. Ένα χρόνο αργότερα (1974), ο καθηγητής Victor Scheinman^[5], σχεδιάζει τον Vicarm βραχίονα για βιομηχανικές εφαρμογές ο οποίος ελέγχεται από μικροελεγκτή. Τον ίδιο χρόνο σχεδιάστηκε ένας ρομποτικός βραχίονας, ο Silver arm ο οποίος ήταν κατάλληλος για τη



συναρμολόγηση μικρών κομματιών χρησιμοποιώντας ανάδραση δύναμης με τη βοήθεια ενός αισθητήρα επαφής και πίεσης. Το 1976 ρομποτικοί βραχίονες χρησιμοποιήθηκαν στα μη επανδρωμένα διαστημικά οχήματα Viking 1 και 2 ενώ στο βραχίονα Vicarm ενσωματώνεται ένας μικροελεγκτής.

Εικόνα 6: Ρομπότ προγραμματιζόμενη μηχανή συναρμολόγησης.

⁵ ο σχεδιαστής του πρότυπου βραχίονα ή βραχίονα Stanford

Το 1978 η εταιρεία Unimation χρησιμοποιώντας την τεχνολογία του Vicarm αναπτύσσει την πρώτη πλήρως προγραμματιζόμενη μηχανή συναρμολόγησης PUMA (εικ.6) (Programmable Universal Machine For Assembly) η οποία μπορεί να βρεθεί σε πολλά εργαστήρια ερευνών ακόμα και σήμερα.

Παράλληλα η πρόοδος στη χειρουργική είχε επικεντρωθεί στην τεχνική της ελάχιστα επεμβατικής χειρουργικής (minimally invasive surgery ή MIS). Είδη από το 1970 οι γυναικολόγοι είχαν αγκαλιάσει την τεχνική της λαπαροσκόπησης.

Η πρώτη λαπαροσκοπική χολοκυστεκτομή έγινε από τον Erich Muhe στη Γερμανία το 1985. Το 1987 έγινε η πρώτη λαπαροσκοπική χολοκυστεκτομή σε λιοντάρια στη Γαλλία χρησιμοποιώντας τεχνική video από τον Phillipe Mouret. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας της πληροφορίας και της ρομποτικής υπόσχονταν να διευκολύνουν τις πολύπλοκες λαπαροσκοπικές επεμβάσεις. Έτσι το 1993 το πρώτο ρομπότ που χρησιμοποιήθηκε στην ενδοσκοπική χειρουργική, ο AESOP της εταιρείας Computer Motion που αναγνώριζε φωνητικές εντολές ήταν πια εμπορικά διαθέσιμο. Το 1998 παρουσιάστηκε από την εταιρεία Computer Motion το ρομποτικό σύστημα Zeus. Ήταν το σύστημα που χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση της πρώτης πλήρης ενδοσκοπικής ρομποτικής επέμβασης και της πρώτης επέμβασης ανοικτής καρδιάς, αορτοστεφανιαίας παράκαμψης (bypass). Το 1999 τα ολοκληρωμένα χειρουργικά συστήματα που είχαν αναπτυχθεί ήταν ημιαυτόνομα κατάλληλα για νευρολογικές και ορθοπεδικές επεμβάσεις ένα από αυτά ήταν και το NeuroMate. Η πρώτη επέμβαση αποκατάστασης μιτροειδούς βαλβίδας καρδιάς κλειστού θώρακα πραγματοποιήθηκε με το ρομποτικό χειρουργικό σύστημα daVinci. Το 2000 ο γιατρός Francois Labore^{6]} χρησιμοποιώντας το ρομποτικό σύστημα Zeus, πραγματοποίησε επτά πλήρως ενδοσκοπικές παιδιατρικές επεμβάσεις (ductus arteriosus) με ρομποτικό σύστημα. Τον επόμενο χρόνο, το ρομποτικό σύστημα SOCRATES πραγματοποίησε την πρώτη υπερατλαντική τηλεχειρουργική επέμβαση που θεωρήθηκε τεράστιο βήμα στην ιστορία της ιατρικής. Το 2002 εγκρίθηκε από τον FDA, το ρομποτικό σύστημα Zeus από την εταιρεία Computer Motion που ήταν κατάλληλο για λαπαροσκοπικές και θωρακοσκοπικές επεμβάσεις.

⁶ διευθυντής της καρδιολογικής χειρουργικής στ ινστιτούτο Mutualiste Montsouris στο Παρίσι

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΡΟΜΠΟΤ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ

1.Εργαστηριακά ρομπότ (εικ.7): Τα εργαστηριακά ρομπότ εκτελούν εκατοντάδες τεστ (π.χ. εξετάσεις αίματος για τον ιό HIV) παράλληλα, εξοικονομώντας χρόνο και επιτρέποντας στο ανθρώπινο δυναμικό να απασχοληθεί για άλλους σκοπούς. Χρησιμοποιούνται κυρίως για την ικανότητα τους να πραγματοποιούν επαναληπτικές εργασίες, σε υψηλές ταχύτητες, είναι αξιόπιστα και δεν « κουράζονται ».

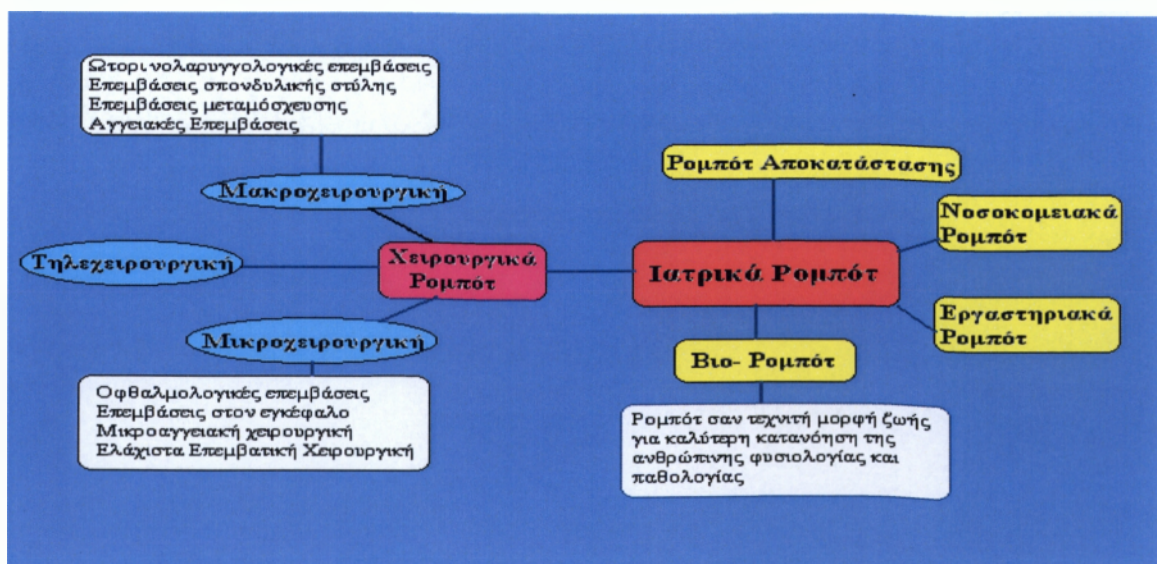
2.Νοσοκομειακά Ρομπότ: Δεδομένου ότι το προσωπικό του νοσοκομείου δεν επαρκεί, κινητά ρομπότ μπορούν να βοηθήσουν μεταφέροντας ή διανέμοντας φάρμακα στα νοσοκομεία ή ακόμη και να βοηθήσουν με το να σηκώσουν ή να μεταφέρουν ασθενείς. Λόγω της μεγάλης ποικιλίας αναγκών, το ρομπότ χρησιμοποιούνται για να σηκώσουν από βαριά φορτία καθαρού ή ακάθαρτου ρουχισμού μέχρι ελαφρά σει φαρμάκων ή αποστειρωμένων εργαλείων. Η χρήση κινούμενων ρομπότ αντιμετωπίζει δυσκολίες πλοήγησης όπως το που βρίσκεται το ρομπότ και πως θα κινηθεί προς τον προορισμό του. Μία λύση είναι το ρομπότ να κινείται σε σταθερές ράγες κάτι τέτοιο έχει δύο μειονεκτήματα αφενός μεν θα ήταν επικίνδυνο για την ασφάλεια τόσο των ασθενών όσο και του προσωπικού μια και θα είναι πιθανό να προκληθούν ατυχήματα αφετέρου δε το ρομπότ θα έχει μικρή ευελιξία. Άλλη λύση είναι το ρομπότ να ακολουθεί το μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί ηλεκτροφόρο σύρμα χωμένο στο πάτωμα όμως και αυτή η λύση έχει ως μειονέκτημα τη μικρή ευελιξία (τουλάχιστον όμως δεν θα εμποδίζει). Και οι δύο αυτές λύσεις θεωρούνται ξεπερασμένες. Τώρα πια χρησιμοποιούνται αισθητήρες (υπερήχων, υπερύθρων, laser) ή τεχνητής όρασης για τον προσδιορισμό της θέσης στο χώρο και «ηλεκτρονικοί χάρτες» για πλοήγηση.

- I. Ρομπότ αποκατάστασης: Τα ρομπότ αποκατάστασης είναι ρομπότ που βοηθούν άτομα με μόνιμα ή με προσωρινά προβλήματα, άτομα δηλαδή με ειδικές ανάγκες:
- II. Ρομποτική βοήθεια στην Φυσιοθεραπεία: Τα ρομπότ αυτά συνήθως αποτελούνται από ρομποτικούς βραχίονες ειδικού σχεδιασμού που κινούν το προβληματικό άκρο του ασθενούς βάσει καταλλήλου προγράμματος. Πολύ συχνά δε παρακολουθούν την πορεία αποκατάστασης με την βοήθεια αισθητήρων δύναμης. Το πλεονέκτημα τους είναι ότι δεν μειώνεται η ένταση της θεραπείας όσο και αν διαρκεί. Ενώ μειώνεται το

επίπεδο επέμβασης του φυσιοθεραπευτή εξοικονομώντας έτσι άμεσα έξοδα παροχής υπηρεσιών υγείας.

- III. Βοήθεια κίνησης για ασθενείς και ανθρώπους με κινητικές βλάβες: Αφορά αναπηρικές καρέκλες με μικρό ή μεγάλο βαθμό αυτονομίας, που παρέχουν κάποιες διευκολύνσεις στον ασθενή όπως να κινούνται με περισσότερη ασφάλεια π.χ. ανίχνευση εμποδίων, αποφυγή πτώσης κ.λ.π. Για παράδειγμα η αναπηρική καρέκλα VTT, που σχεδιάστηκε στη Φιλανδία και διαθέτει, αισθητήρες υπερήχων για αποφυγή εμποδίων, αισθητήρες φωτός για ανίχνευση κενού και αποφυγή πτώσης και ηλεκτρονική πυξίδα για πλοήγηση. Ακόμη, μπορεί να φέρουν ένα ρομποτικό βραχίονα που συνήθως είναι τοποθετημένος στο πλάγιο μέρος της αναπηρικής καρέκλας. Οι βραχίονες αυτοί, βοηθούν τα άτομα με ειδικές ανάγκες να πραγματοποιήσουν εργασίες που δεν μπορούν να κάνουν από μόνοι τους, όπως το να σηκώσουν το πιρούνι με το φαγητό και να το τοποθετήσουν στο στόμα ή να γυρίσουν μια σελίδα. Τέλος έχει σχεδιαστεί ακόμα αναπηρικό καρότσι που μπορεί να ανεβαίνει και να κατεβαίνει σκάλες και να κινείται χρησιμοποιώντας μόνο τις δύο από τις τέσσερις ρόδες του αυτό είναι το Ibot.
- IV. Σύστημα υποβοήθησης κίνησης ασθενών με εξασθενημένη όραση: Το PAM –AID διαθέτει ένα βασικό αισθητήρα Laser για ανίχνευση εμποδίων. Μπορεί να λειτουργήσει, είτε παθητικά προειδοποιώντας απλώς τον χρήστη για επερχόμενα εμπόδια, είτε ενεργητικά επεμβαίνοντας στους τροχούς στρίβοντας ή φρενάροντας

3.Βιο-Ρομπότ: έξυπνα ρομπότ σαν τεχνητή μορφή ζωής.



Εικόνα 7: Ταξινόμηση των ιατρικών ρομπότ.

4.1.1. ΤΟ ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ

Τα βασικά στοιχεία που συγκροτούν ένα ρομποτικό σύστημα είναι το μηχανικό μέρος και ο ελεγκτής.

ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Το μηχανικό μέρος ενός ρομποτικού συστήματος 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 (Patel, 2006). Κάθε βραχίονας αποτελείται από τα εξής μέρη:

Βάση: Είναι στερεωμένη στο περιβάλλον εργασίας του ρομπότ και σε αυτήν συνδέεται μία αλυσίδα συνδέσμων και αρθρώσεων που καταλήγει στο εργαλείο δράσης.

Συνδέσμους: Είναι στερεά, μεταλλικά σώματα που συγκροτούν τον σκελετό του ρομποτικού συστήματος.

Αρθρώσεις: Είναι μηχανισμοί που επιτρέπουν τη σχετική κίνηση μεταξύ των συνδέσμων. Διακρίνονται σε γραμμικές που επιτρέπουν την κίνηση κατά μήκος ενός άξονα, και σε περιστροφικές που επιτρέπουν την κίνηση γύρω από τον άξονά τους.

Κινητήρες: Κάθε άρθρωση χρειάζεται και από ένα κινητήρα. Ο κινητήρας μπορεί να είναι ηλεκτρικός (βηματικός, σερβοκινητήρας), υδραυλικός ή πνευματικός.

Αισθητήρια: 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 "αράγη" για τη μεταφορά αντικειμένων, έναν βιομηχανικό συγκολλητή μετάλλων μέχρι ένα λεπτό χειρουργικό εργαλείο.

4.1.2 Ο ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ

ΕΛΕΓΚΤΗΣ

Ο ελεγκτής είναι η ηλεκτρονική μονάδα που μας δίνει τη δυνατότητα να προγραμματίσουμε το ρομπότ (Patel, 2006). Αποτελείται από:

Ηλεκτρονικά (Hardware): 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): Είναι υπεύθυνο κυρίως για τη δημιουργία των κατάλληλων σημάτων ελέγχου, σύμφωνα με κάποιον αλγόριθμο, λαμβάνοντας υπόψη διάφορες μεταβλητές όπως 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.

4.2 ΟΙ ΒΑΘΜΟΙ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ

Βασικό γνώρισμα κάθε ρομπότ αποτελεί ο βαθμός ελευθερίας του. Ο αριθμός των ανεξάρτητων παραμέτρων, που προσδιορίζουν τη θέση ενός σώματος στο χώρο, ονομάζεται Βαθμός Ελευθερίας. Σε γενικές γραμμές δηλώνει το πόσο ευκίνητο είναι ένα ρομπότ στο χώρο. Για να περιγραφεί ακριβώς η θέση ενός στερεού σώματος στο χώρο, χρειάζονται έξι μεταβλητές, τρεις για τη θέση και τρεις για τον προσανατολισμό του. Άρα, σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό, για να μπορεί ένα ρομπότ να κινηθεί οπουδήποτε στο χώρο με οποιοδήποτε προσανατολισμό, πρέπει να έχει τουλάχιστον έξι βαθμούς ελευθερίας. Ο ανθρώπινος βραχίονας υπολογίζεται ότι έχει επτά βαθμούς ελευθερίας (π.χ. το ρομποτικό σύστημα da Vinci,). Στα βιομηχανικά ρομπότ σπάνια συναντάμε πάνω από έξι βαθμούς ελευθερίας, αφού από τη μια πλευρά θα βελτιωνόταν η ευελιξία τους, από την άλλη όμως θα γινόταν πιο περίπλοκος ο αλγόριθμος ελέγχου τους χωρίς να επεκτείνεται ο χώρος δράσης τους (Magescaux και λοιποί, 2002).

4.3 ΘΕΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΑ ΡΟΜΠΟΤ

Η ασφάλεια που παρέχουν τα ρομποτικά συστήματα αποτελεί μία προφανή ανησυχία όταν πρόκειται για χειρουργικές επεμβάσεις. Σε σύγκριση με τα ρομπότ που χρησιμοποιούνται στο βιομηχανικό τομέα, τα ιατρικά ρομποτικά συστήματα εγείρουν

περισσότερα και πιο πολυσύνθετα θέματα ασφάλειας για τους σχεδιαστές τους. Μάλιστα, όσο πιο πολύπλοκη είναι η εργασία την οποία καλείται να εκτελέσει το ρομπότ, τόσο αυξάνεται η ανάγκη για πιο εξελιγμένα συστήματα υλικού και λογισμικού (μικρότερος χρόνος απόκρισης, μεγαλύτερη ακρίβεια, περισσότεροι βαθμοί ελευθερίας). Αυτό αυξάνει εκθετικά όμως και την πιθανότητα λάθους. Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που δικαιολογεί την πολυπλοκότητα του θέματος αυτού είναι η απαιτούμενη ανθρώπινη παρουσία. Σε μία βιομηχανική μονάδα οι απαιτήσεις ασφάλειας είναι αρκετά πιο απλές, καθώς η λειτουργία ενός ρομπότ μπορεί να διακοπεί, εάν αυτό κριθεί απαραίτητο, χωρίς να απαιτείται η φυσική παρουσία του ανθρώπου στο άμεσο περιβάλλον εργασίας του ρομποτικού αυτού συστήματος. Στον ιατρικό τομέα, εντούτοις, τα χειρουργικά ρομπότ εργάζονται κοντά στον χειρουργό, αφού τον υποβοηθούν στις επεμβάσεις χωρίς να τον αντικαθιστούν, μέσα σε ένα χαοτικό, χρονικά μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Από αυτή την οπτική γωνία τα ιατρικά ρομπότ απαιτούνται να έχουν αυξημένες ικανότητες (αισθητήριες κ.λ.π.), γεγονός που εμφανίζει νέα ανυπέρβλητα εμπόδια για τους σχεδιαστές και ωθεί τη σύγχρονη τεχνολογία στα όριά της. Οι συνέπειες από ένα σφάλμα αποτελούν ακόμη ένα σημαντικό ζήτημα. Αυτό το πρόβλημα δε σχετίζεται μόνο με την παρουσία του ιατρικού προσωπικού κοντά στο χειρουργικό ρομπότ, αλλά και με την ίδια τη φύση της εργασίας του συστήματος, η οποία περιλαμβάνει τυπικά έναν άνθρωπο (τον ασθενή). Στο βιομηχανικό περιβάλλον, για παράδειγμα, το ρομπότ επαναλαμβάνει αυτόματα ένα σύνολο από προκαθορισμένες ενέργειες, χωρίς να παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο εάν το αντικείμενο πάνω στο οποίο αυτό εργάζεται είναι ένα αυτοκίνητο, ένας μεταλλικός σωλήνας ή ένας μικροεπεξεργαστής. Μέσα στη χειρουργική αίθουσα όμως, κάθε ασθενής έχει τα δικά του, διακεκριμένα χαρακτηριστικά, γεγονός που καθιστά μία ομοίομορφη προσέγγιση, ανάλογη της βιομηχανικής παραγωγής, εντελώς ανέφικτη. Πιθανοί λόγοι που θα μπορούσαν να πλήξουν την ασφάλεια μίας χειρουργικής επέμβασης με ρομπότ είναι η ελαττωματική σχεδίαση, μία ενδεχόμενη δυσλειτουργία μέρους του υλικού ή λογισμικού του συστήματος καθώς και τυχόν παρερμηνεία ή έλλειψη σωστών αποσαφηνιστικών λεπτομερειών (specifications). Η βελτίωση των κρίσιμων αυτών για την ασφάλεια παραμέτρων συνεπάγεται συνήθως αύξηση του κόστους του συστήματος, της πολυπλοκότητάς του ή και των δύο. Η ιδέα της ολικής ασφάλειας έχει ουσιαστικά ουτοπικό χαρακτήρα. Διαφορετικές τεχνικές για τη μεγιστοποίησή της προσφέρουν διαφορετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Όλες όμως αποβλέπουν στη διατήρηση της ολικής πιθανότητας σφάλματος στο ελάχιστο δυνατό επίπεδο. Μία κοινή τεχνική είναι να περιλαμβάνουν τα ρομποτικά συστήματα παθητικούς και ενεργητικούς μηχανισμούς

ασφάλειας κατά τον μηχανολογικό σχεδιασμό των χειριστηρίων. Ίσως τελικά, περισσότερο σημαντικό από την πιθανότητα εμφάνισης ενός σφάλματος να είναι η ικανότητα έγκαιρης διάγνωσης του σφάλματος, ώστε να αποτραπούν ενδεχόμενοι παρακείμενοι κίνδυνοι από αυτό και το ρομποτικό σύστημα να “αποτύχει” με ασφάλεια. Σε μία τέτοια περίπτωση η επέμβαση θα ολοκληρωνόταν από τον ίδιο τον χειρουργό χωρίς τη συμμετοχή του χειρουργικού ρομπότ. Μερικοί ειδικοί της ρομποτικής τεχνολογίας βεβαιώνουν ότι είναι σημαντικό ο έλεγχος της διαδικασίας να βρίσκεται στα χέρια του χειρουργού, ακόμη και στην καθοδηγούμενη από εικόνα χειρουργική επέμβαση. Καθώς, πάντως, η εμπειρία μας από τη χρήση ρομποτικών χειρουργικών συστημάτων μεγαλώνει, το επίπεδο αυτονομίας του ελέγχου μπορεί να αυξηθεί. Είναι, εντούτοις, ιδιαίτερα σημαντικό να σχεδιαστούν συστήματα διεπαφής χρήστη (user interface) τέτοια ώστε να παρέχουν πλήρη ενημέρωση στο χειρουργό για την κατάσταση του συστήματος.

Η ασφάλεια τελικά αποτελεί ένα πολυδιάστατο θέμα το οποίο δεν έχει να κάνει μόνο με την κλινική αποδοχή αλλά και με άλλα ζητήματα, όπως είναι για παράδειγμα η ορθολογική χρήση των προσωπικών δεδομένων του ασθενή, τα στάδια αξιολόγησης μέσα από τα οποία πρέπει να περάσει το σύστημα κ.ά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ

Στην ιατρική πρακτική, η ρομποτική τεχνολογία χρησιμοποιείται σε όλες σχεδόν τις ειδικότητες της χειρουργικής επιστήμης, συμπεριλαμβανομένης της νευροχειρουργικής, της καρδιοχειρουργικής, της ορθοπεδικής χειρουργικής, της γενικής χειρουργικής και της ουρολογικής χειρουργικής.

5.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΤΗΛΕΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στα συστήματα ελέγχου και τηλεσυνεργασίας ανήκουν τα συστήματα SOCRATES και HERMES.

Γενικά

Το σύστημα ρομποτικής τηλεσυνεργασίας SOCRATES αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού, δικτυωμένων ιατρικών συσκευών και ρομποτικών συστημάτων με σκοπό να παρέχει έναν οικονομικό και αποτελεσματικό τρόπο συνεργασίας και συμβουλευτικής από απόσταση. Το SOCRATES είναι στην ουσία ένας συνδυασμός τηλεσυνδιάσκεψης και ελέγχου του συστήματος AESOP από απόσταση. Το σύστημα επιτρέπει σε έναν χειρουργό που βρίσκεται μέσα σε μία χειρουργική αίθουσα να συνεργαστεί με έναν άλλο πιο εξειδικευμένο χειρουργό που μπορεί να βρίσκεται σε οποιοδήποτε σημείο του κόσμου. Το σύστημα ελέγχου HERMES, αποτελεί ένα υπερσύγχρονο σύστημα ανοικτής αρχιτεκτονικής που επιτρέπει τη διασύνδεση και το φωνητικό έλεγχο διάφορων συσκευών απαραίτητων για την εκτέλεση εγχειρήσεων ελάχιστης επέμβασης. Το σύστημα αποτελείται από μία οθόνη αφής, την κεντρική μονάδα ελέγχου που συνδέεται με τις υπόλοιπες συσκευές μέσα στο χειρουργείο και ένα ζευγάρι ακουστικών με μικρόφωνο.

5.1.1 SOCRATES ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΛΕΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ (TELECOLLABORATIVE SYSTEM)

Το Socrates αποτελείται από ένα εξελιγμένο εξοπλισμό τηλεπικοινωνίας που είναι σε δίκτυο με ιατρικές συσκευές και ρομποτικά συστήματα.



Το σύστημα επιτρέπει στο χειρουργό που βρίσκεται σε απομακρυσμένη περιοχή να δουλέψει σε συνεργασία με ένα άλλο χειρουργό που βρίσκεται σε χειρουργικό δωμάτιο που βρίσκεται στην άλλη πλευρά του κόσμου. Το σύστημα παρέχει σε πραγματικό χρόνο εικόνες του χειρουργείου.

Εικόνα 8: Χειρουργική επέμβαση με το σύστημα Zeus.

Σε συνεργασία με το Zeus(εικ.8), το Socrates είναι το πρώτο κρίσιμο βήμα που σηματοδοτεί την αρχή της περιόδου της ελάχιστα επεμβατικής τηλεχειρουργικής. Το 2001 το Socrates σε συνδυασμό με το ρομποτικό χειρουργικό σύστημα Zeus, έμεινε στην ιστορία αφού έκανε πραγματικότητα την πρώτη υπερατλαντική επέμβαση. Η επέμβαση αυτή είχε δοκιμαστεί πρώτα σε έξι χοίρους. Η πρώτη επέμβαση έγινε στην Νέα Υόρκη με επικεφαλής της ομάδας τον γιατρό Jack Marescaux^[7]. Αυτή ήταν η πρώτη ολοκληρωμένη τηλεχειρουργική διαδικασία που πραγματοποιήθηκε από χειρουργούς που βρίσκονταν 7.000 χιλιόμετρα περίπου μακριά από τον ασθενή. Ο ασθενής έφυγε από το νοσοκομείο 48 ώρες μετά την επέμβαση και επέστρεψε στις κοινωνικές δραστηριότητες του μετά από μια εβδομάδα. Η χειρουργική επέμβαση ονομάστηκε Lindbergh, από το όνομα του πιλότου που πραγματοποίησε την πρώτη υπερατλαντική πτήση.

5.1.2 Κέντρο ελέγχου Hermes (Hermes Control Center)

⁷ από το Πανεπιστήμιο Παστέρ και υπό την επίβλεψη του Ευρωπαϊκού Ινστιτούτου Τηλεχειρουργικής (European Institute of Telesurgery (EITS)).

Το κέντρο ελέγχου Hermes αναπτύχθηκε στις Η.Π.Α από την εταιρεία Computer Motion και σε συνεργασία με την εταιρεία κατασκευής ιατρικού εξοπλισμού, Stryker που βρίσκεται στην Καλιφόρνια. Είναι ένα υπερσύγχρονο, ρομποτικό σύστημα αναγνώρισης φωνής, επιτρέπει στο χειρουργό να ελέγξει πολλές συσκευές και χειρουργικά εργαλεία MIS, μέσα σε ένα χειρουργείο χρησιμοποιώντας απλές φωνητικές εντολές.



Το σύστημα αποτελείται από μια οθόνη αφής, τη συσκευή που συνδέεται με τις υπόλοιπες συσκευές και ένα ζευγάρι ακουστικών με μικρόφωνο.

Εικόνα 9: Η πλατφόρμα ελέγχου Hermes.

Φορώντας το ζεύγος των ακουστικών και μικρόφωνο ο χειρουργός μπορεί να πει στο Hermes (εικ.9) να ελέγξει χειρουργικά εργαλεία, να ρυθμίσει το χειρουργικό κρεβάτι και το φωτισμό μέσα στο δωμάτιο ή πάνω από το χειρουργικό τραπέζι, να βγάλει φωτογραφίες ή να βιντεοσκοπήσει το χειρουργικό πεδίο, να αλλάξει την εικόνα που βλέπει στην οθόνη, να διορθώσει την θέση της κάμερας που καταγράφει την επέμβαση, να εκτυπώσει εικόνες για μελλοντική αναφορά και να ξαναδεί τις ακτινογραφίες ή μαγνητικές τομογραφίες του ασθενή σε μια οθόνη βίντεο. Ο χειρουργός επίσης μπορεί αυτόματα να δει τα παθολογικά αποτελέσματα κατά τη διάρκεια της επέμβασης ενώ του επιτρέπει στιγμιαία πρόσβαση σε ιατρικές πληροφορίες από τα ψηφιακά ιατρικά αρχεία του ασθενή. Επιπρόσθετα μπορεί ο χειρουργός να διατάξει την κάμερα να πάρει φωτογραφίες, να τις σώσει σε ένα CD και να σώσει τα σχόλια του στο CD αυτό ταυτόχρονα.

Σε ένα παραδοσιακό χειρουργείο πολλές από αυτές τις δουλειές θα έπρεπε να γίνουν από νοσοκόμους, οι οποίοι τώρα μπορούν να συγκεντρωθούν στον ασθενή αντί να ασχολούνται με τον τριγύρω εξοπλισμό. Το σύστημα έχει αναγνώριση φωνής ώστε να εξασφαλίζει ότι θα υπακούει στις φωνητικές εντολές μόνο του χειρουργού. Το προσωπικό του χειρουργείου μπορεί να εισάγει εντολές μέσω μια οθόνης αφής. Είναι σημαντικό οι εντολές να δύνονται σωστά. Για παράδειγμα για να αυξηθεί η φωτεινότητα στο χειρουργικό πεδίο ο χειρουργός πρέπει να πει τη φράση «Hermes, light up» δηλ «Hermes, φώτισε».

Το σύστημα ανταποκρίνεται μόνο σε 100 εντολές, ακούγοντας κάθε ήχο φιλτράροντας αυτό που «θέλει να ακούσει». Από αυτή την άποψη μπορεί να θεωρηθεί «έξυπνο σύστημα». Το σύστημα Hepnes μπορεί να παρέχει οπτική και φωνητική ανάδραση για την κατάσταση κάθε συσκευής, όπως π.χ. εάν υπάρχει ένα πρόβλημα δυσλειτουργίας ή αποσύνδεσης και αναβαθμίζει το χειρουργικό εξοπλισμό, χειρουργικά τραπέζια, φώτα, βίντεο κάμερες, μειώνοντας το χρόνο και το κόστος της επέμβασης. Το Hepnes επιτρέπει στο χειρουργό και στο προσωπικό να ελέγχει ένα ευρύ σύνολο δικτύων που αποτελείται από τα σύστημα AESOP, Zeus και Socrates.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη γενική λαπαροσκόπηση, σε επεμβάσεις ρινοφαρυγγοσκόπησης, ενδοσκόπησης στο αυτί, κολποσκόπησης και οπουδήποτε ενδείκνυται να χρησιμοποιείται ένα λαπαροσκόπιο / ενδοσκόπιο. Μερικά παραδείγματα των πιο κοινών ενδοσκοπικών επεμβάσεων είναι η λαπαροσκοπική χολοκυστεκτομή, η λαπαροσκοπική επέμβαση κήλης, η λαπαροσκοπική σκωληκοειδεκτομή, λαπαροσκοπική υστερεκτομή, λαπαροσκοπική και θωρακοσκοπική συγκόλληση σπονδυλικής στήλης, βιοψία στον πνεύμονα, πλευρόδεση, βιοψία υπεζωκότα, παράκαμψη στεφανιαίας αρτηρίας (bypass) κ.α.

Αυτός ο τρόπος ελέγχου των επεμβάσεων μπορεί να μειώσει τη διάρκεια της επέμβασης έως και 15%. Οι χρήστες του συστήματος Hepnes είναι γενικοί χειρουργοί, γυναικολόγοι, καρδιοχειρουργοί, πλαστικοί χειρουργοί, ορθοπαιδικοί χειρουργοί και ουρολόγοι και βρίσκεται σε περίπου 84.000 χειρουργικά δωμάτια ανά τον κόσμο. Το κόστος ενός τέτοιου συστήματος είναι περίπου 47.000\$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

6.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗΣ (MASTER-SLAVE)

6.1.1. ΣΥΣΤΗΜΑ DA-VINCI

Ιστορική αναδρομή

Η ομάδα του Himpens ανακοίνωσε την πρώτη επιτυχή κλινική εφαρμογή τηλερομποτικής τεχνολογίας το Μάρτιο του 1997, όταν πραγματοποίησαν χολοκυστεκτομή χρησιμοποιώντας ένα πρωτότυπο μοντέλο DaVinci (εικ.10). Η ίδια ομάδα ανακοίνωσε αργότερα την επιτυχή εφαρμογή του συστήματος για τη διενέργεια γαστρικής παράκαμψης, θολοπλαστικής Nissen και αναστομώνσεων σαλπίνγων. Έκτοτε, πληθώρα μελετών έχει ανακοινωθεί για την εφαρμογή του DaVinci σε όλο το φάσμα των



λαπαροσκοπικών επεμβάσεων. Η ομάδα του Ballantyne πραγματοποίησε ρομποτικές σιγμοειδεκτομές για εκκολωματική νόσο, καθώς και μία δεξιά ημικολεκτομή για εκκόλπωμα του τυφλού. Η ίδια ομάδα πραγματοποίησε την πρώτη ρομποτική αποκατάσταση κοιλιοκήλης με πλέγμα.

Εικόνα 10: Τροχήλατη συσκευή με βραχίονες, δεξιά ενδοσκοπικός πύργος και αριστερά η κονσόλα ελέγχου.

Η ομάδα Hashizume ανακοίνωσε την πρώτη αμιγώς λαπαροσκοπική-ρομποτική περιφερική γαστρεκτομή για πρώιμο καρκίνο στομάχου. Από την ίδια ομάδα ανακοινώθηκαν οι πρώτες επεμβάσεις απαγγείωσης του στομάχου και σπληνεκτομής για πυλαία υπέρταση. Οι παραπάνω ανακοινώσεις δείχνουν ότι η τηλερομποτική διευκολύνει αυτές τις επεμβάσεις. Ο Melvin ανακοίνωσε τη ρομποτική μυοτομή κατά Heller.

Τεχνικά χαρακτηριστικά:

- 1) 1 δίσκος με 14 χρωματιστά σχέδια (gobos)

- 2) 4 βηματικοί κινητήρες ελεγχόμενοι από μικροεπεξεργαστή
- 3) Εφέ strobe με 1 – 8 flashes / sec
- 4) Ευαισθησία κίνησης pan / tilt: 8 bits
- 5) Manual focus
- 6) Εσωτερικά προγράμματα ελεγχόμενα από την μουσική με μικρόφωνο
- 7) Black out
- 8) Οικονομία λαμπτήρα με auto off μετά από 10s σε black out
- 9) 5 κανάλια DMX -Strobe -Gobos-Colours-Pan -Tilt
- 10) Εύκολη αλλαγή λάμπας
- 11) Λάμπα: ELC 24V 250W (δεν περιλαμβάνεται)
- 12) Dmx in & out: 3pin XLR
- 13) Ένδειξη λήψης dmx ή ρυθμού της μουσικής με LED
- 14) Master / slave in & out: XLR
- 15) Σύστημα ψύξης με ανεμιστήρα
- 16) Τροφοδοσία: 230 – 250V / 50Hz – 60Hz
- 17) Διαστάσεις: 500 x 200 x 155mm
- 18) Βάρος: 9.7Kg

Τα κύρια μέρη του συστήματος DA-VINCI:

A. Την κονσόλα ελέγχου ή κονσόλα χειρουργού.

B. Τη τροχήλατη συσκευή με του τρεις ρομποτικούς βραχίονες.

Γ. Τέλος περιλαμβάνει ένα «πύργο» με βίντεο, μια οθόνη , ένα ιατρικό μόνιτορ που δίνει εικόνες από το χειρουργικό πεδίο, τη γεννήτρια υπερήχων, την πηγή φωτός κ.α. Παρέχει χρήσιμες πληροφορίες στους βοηθούς του γιατρού και βρίσκεται δίπλα από το κρεβάτι του ασθενή.

A. Την κονσόλα χειρισμού (surgeon's console)

Στην οποία κάθεται ο χειρουργός και η οποία είναι τοποθετημένη σε οποιαδήποτε θέση εντός της χειρουργικής αίθουσας. Στη ρομποτική χειρουργική, ο χειρουργός βρίσκεται μπροστά σε μια χειρουργική κονσόλα – Η/Υ, όπου βλέπει σε μια οθόνη το χειρουργικό πεδίο, και πραγματοποιεί την επέμβαση κινώντας ειδικούς μοχλούς, που μοιάζουν με joysticks. Το υπολογιστικό σύστημα που ελέγχει ολόκληρο το σύστημα βρίσκεται μέσα

στην κονσόλα ελέγχου. Η οθόνη τρισδιάστατης απεικόνισης του χειρουργικού πεδίου, βρίσκεται μέσα στο κουβούκλιο της κονσόλας ελέγχου. Γι' αυτό για να την δει ο χειρουργός τοποθετεί τα μάτια σε διόπτρες που βρίσκονται πάνω στην κονσόλα ελέγχου. Οι ρομποτικοί βραχίονες απενεργοποιούνται όποτε ο χειρουργός βγάζει τα μάτια του από την κονσόλα ελέγχου (εικ.11) εκτός από την οθόνη παρατήρησης, αποτελείται από δύο χειριστήρια τύπου joystick , που βρίσκονται ακριβώς κάτω από τις διόπτρες και



επιτρέπουν στο χειρουργό να ελέγχει τους ρομποτικούς χειρουργικούς βραχίονες οι οποίοι τελικά κινούν τα εργαλεία.

Πιο συγκεκριμένα, η κονσόλα αφέντη του χειρουργού είναι η διασύνδεση του ρομπότ με τον χρήστη και προσφέρει στον αφέντη χειρουργό τις ακόλουθες λειτουργίες:

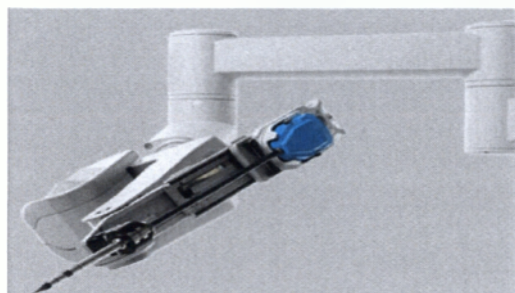
Εικόνα 11: Κονσόλα ρομποτικού συστήματος (surgery's console).

- i. Μια τρισδιάστατη όψη του χειρουργικού πεδίου αναμεταδίδεται από μια ενδοσκοπική κάμερα που βρίσκεται μέσα στο σώμα του ασθενή και ελέγχεται από το ρομπότ, δημιουργώντας την αίσθηση στον χειρουργό ότι είναι βυθισμένος στο χειρουργικό πεδίο.
- ii. Χειριστές αφέντες είναι χειρολαβές ή χειριστήρια τα οποία ο χειρουργός χρησιμοποιεί για να κάνει κινήσεις οι οποίες στην συνέχεια μεταφράζονται σε κινήσεις των χειριστών σκλάβων που έχουν εισαχθεί στο σώμα του ασθενή.
- iii. Ένας πίνακας ελέγχου ρυθμίζει άλλες λειτουργίες, όπως η εστίαση της κάμερας, η κλιμάκωση της κίνησης και βοηθητικές μονάδες. Διαθέτει ένα σύστημα φακών τρισδιάστατης απεικόνισης το οποίο μεγεθύνει το χειρουργικό πεδίο ως και 15 φορές.

B. Κινηματική περιγραφή του τροχήλατου συστήματος ρομποτικού βραχίονα

Ένας ρομποτικός βραχίονας (εικ.12) μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από τρία κύρια μέρη:

- i. Τον τοποθετητή (positioner) ο οποίος μετακινεί το άκρο που συγκρατεί το εργαλείο



έτσι ώστε αυτό να προσεγγίσει το στόχο κατά θέση.

- ii. Τον καρπό (wrist), ο οποίος συγκρατεί το τελικό στοιχείο δράσης (endeffector), και το τοποθετεί με ορισμένο προσανατολισμό σε συγκεκριμένο στόχο του

Εικόνα 12: Ρομποτικός βραχίονας (robotic arm).

- iii. χειρουργικού πεδίου. Συνήθως ο καρπός των χειρουργικών συστημάτων έχει τρεις DOF που υλοποιεί τρεις απαραίτητες περιστροφές.
- iv. Το τελικό στοιχείο δράσης (end-effector), δηλαδή στην περίπτωση τη συγκεκριμένης εφαρμογής το τρυπάνι που είναι προσαρμοσμένο στο βραχίονα και μια ειδική συσκευή. Για να προσεγγιστεί οποιοδήποτε σημείο χώρο και με αυθαίρετο αριθμό επιλογών απαιτούνται τουλάχιστον 6 βαθμοί ελευθερίας, τρεις βαθμοί για την προσέγγιση κατάθεση και άλλοι τρεις βαθμοί ελευθερίας για την προσέγγιση κατά προσανατολισμό. Έτσι σε μια ρομποτική εφαρμογή για να προσεγγιστεί ένα σημείο στο χώρο με συγκεκριμένη θέση και προσανατολισμό, απαιτείται ο ρομποτικός



βραχίονας να διαθέτει τουλάχιστον 6 βαθμούς ελευθερίας για να υπάρχει η δυνατότητα πολλαπλών επιλογών και σχετική άνεση στην προσέγγιση του στόχου αυτού. Αντιθέτως, τρεις βαθμοί ελευθερίας (αρθρώσεις) χρειάζονται για την κίνηση του καρπού στο χώρο, ένας τέταρτος βαθμός ελευθερίας αφορά την κίνηση του τελικού εργαλείου (της αρπάγης) αν υπάρχει.

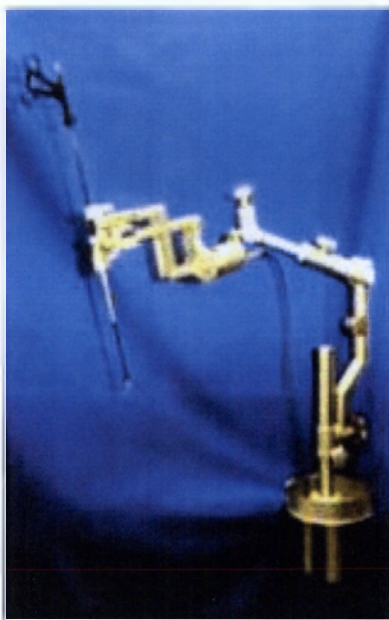
Εικόνα 13: Βραχίονες ρομποτικού συστήματος (robotic surgery's).

Και οι υπόλοιποι (ένας έως τρεις) είναι βαθμοί ελευθερίας του καρπού που χρησιμεύουν για τον προσανατολισμό του μετακινούμενου αντικειμένου Πρισματική (γραμμική), για ευθύγραμμη κίνηση 1 βαθμό ελευθερίας (Degrees Of Freedom ή DOF) (. Περιστροφικές με 1 DOF πραγματοποιεί κίνησή πάνω-κάτω (1 κίνηση). Δισαρθωτές (Universal Joints) με 2 DOF πραγματοποιούν δύο κινήσεις πάνω-κάτω (1^η κίνηση) και αριστερά-δεξιά (2^η κίνηση). Σφαιρικές με 3 DOF. Ένα ρομποτικό χειρουργικό σύστημα έχει συνήθως από 5-7 DOF.

6.1.1.1. ΕΝΔΟΣΚΟΠΙΚΟΙ ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ

Στα ρομποτικά συστήματα ενδοσκόπησης ανήκουν τα συστήματα AESOP, EndoAssist, Tiska και FipsEndoassist. Προτάθηκε η χρήση μηχανικών βραχιόνων για την εξασφάλιση της επιθυμητής ποιότητας στην ενδοσκοπική εικόνα. Οι βραχίονες αυτοί προσαρμόζονται στη ράγα του χειρουργικού τραπέζιου και φθάνουν στο κέντρο του χειρουργικού πεδίου αποτελούμενοι από μια σειρά.

Στους πιο εξελιγμένους από αυτούς όπως είναι ο βραχίονας TISKA (Εικ.14), οι αρθρώσεις κλειδώνουν με τη χρήση αερίου: όλες οι αρθρώσεις συγκρατούνται

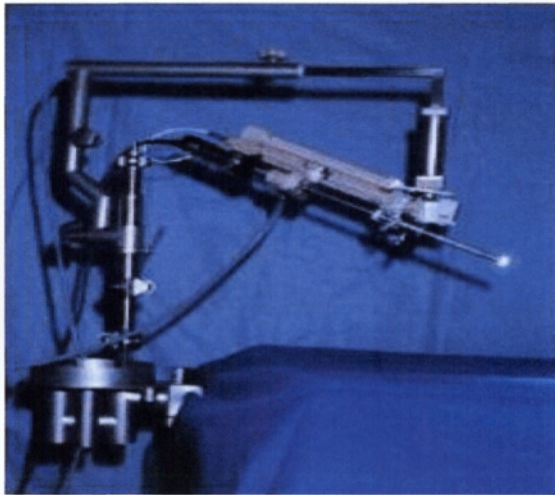


άκαμπτες ή χαλαρώνουν ταυτόχρονα με το πάτημα ενός πλήκτρου. Όταν οι αρθρώσεις είναι άκαμπτες, το ενδοσκόπιο συγκρατείται σε σταθερή θέση χωρίς οποιαδήποτε βοήθεια. Όταν οι αρθρώσεις χαλαρώνουν, ο χειρουργός κινεί το ενδοσκόπιο στη νέα επιθυμητή θέση. Κάθε φορά που ο χειρουργός θέλει να αλλάξει άποψη του χειρουργικού πεδίου πρέπει να βγάλει από τα τροκάρ τα εργαλεία που κρατά, να ξεκλειδώσει το βραχίονα, να θέσει το ενδοσκόπιο στην επιθυμητή θέση, να κλειδώσει το βραχίονα στη νέα θέση και να ξαναπάρει τα εργαλεία στα χέρια του για να συνεχίσει την εγχείρηση.

Εικόνα 14: Ο παθητικός ηλεκτρομηχανικός βραχίονας TISKA (KARLSTORZ Endoskope GmbH, Tuttlingen).

Αν και η χρήση τέτοιων βραχιόνων εξαλείφει την ανάγκη παρουσίας ειδικευμένου βοηθού στη χειρουργική ομάδα, έχει ως αποτέλεσμα συνεχείς διακοπές και σημαντική επιμήκυνση της διάρκειας της εγχείρησης δεδομένου ότι σε μια τυπική εγχείρηση λαπαροσκοπικής χολοκυστεκτομής απαιτείται τουλάχιστον πενήντα φορές η μετακίνηση της κάμερας και η αλλαγή του οπτικού πεδίου.

Τεχνολογική εξέλιξη ενδοσκοπικών βραχιόνων



Αν και αναπτύχθηκαν αρκετά πρωτότυπα συστήματα τρία από αυτά γνώρισαν ευρύτερη αποδοχή και ουσιαστικά δημιούργησαν μια νέα αγορά ρομποτικών βραχιόνων προορισμένων για τη χειρουργική αίθουσα: το σύστημα AESOP το σύστημα ENDOASSIST και το FIPS ENDOARM (εικ.15).

Εικόνα 15: Ο ρομποτικός βραχίονας FIPS ENDOARM (KARL STORZ Endoskope GmbH, Tuttlingen).

Όλα τα παραπάνω συστήματα είναι βραχίονες που είτε προσαρμόζονται στη ράγα του χειρουργικού τραπεζιού είτε φέρονται επί κινητής βάσης. Στο άκρο τους (τελική λαβή) προσαρμόζεται ειδικό εξάρτημα που προσαρμόζεται το ενδοσκόπιο, συνοδεύονται δε πάντα από μια κεντρική μονάδα που περιλαμβάνει τον υπολογιστή, το σύστημα παροχής ενέργειας, τον διακόπτη και τις ενδείξεις λειτουργίας. Η επικοινωνία χειρουργού και ρομποτικού βραχίονα επιτυγχάνεται στα συστήματα αυτά είτε με τηλεχειρισμό είτε με ειδικό μοχλό (joystick) που προσαρμόζεται στο λαπαροσκοπικό εργαλείο και χειρίζεται με το δείκτη του ο χειρουργός, είτε τέλος, στα πιο εξελιγμένα από αυτά, με συστήματα ανίχνευσης κίνησης ή τέλος με φωνητικές εντολές. Τα πλεονεκτήματα των τριών ρομποτικών βραχιόνων που έχουν προταθεί για τον βέλτιστο χειρισμό του ενδοσκοπίου είναι η αυτονομία που παρέχουν στο χειρουργό, η καλή ποιότητα της

λαπαροενδοσκοπικής εικόνας, η μείωση της διάρκειας και του προσωπικού που απασχολείται κατά την εγχείρηση και τελικά του κόστους της εγχείρησης.

Ωστόσο ελλείπουν παντελώς από τη βιβλιογραφία οι διπλές τυφλές τυχαιοποιημένες μελέτες που θα επιβεβαίωναν τις προηγούμενες υποσχέσεις αλλά και πιθανόν θα αναδείκνυαν δυσλειτουργίες, αντενδείξεις, αλλά και τα περιθώρια για τη μελλοντική ανάπτυξη των βραχιόνων αυτών. Η παρούσα μελέτη αξιολογεί την επίδοση του ρομποτικού βραχίονα AESOP σε απλές και σύνθετες λαπαροσκοπικές εγχειρήσεις σε σύγκριση με την ανθρώπινη επίδοση και αναλύει τις μελλοντικές εφαρμογές της τεχνολογίας αυτής.

Το EndoAssist (Εικ.16), αποτελείται από έναν αποσπώμενο ρομποτικό βραχίονα, ειδικά σχεδιασμένο για να κρατάει τη λαπαροσκοπική κάμερα κατά τη διάρκεια των χειρουργικών επεμβάσεων. Το σύστημα είναι προγραμματισμένο να ανιχνεύει τις κινήσεις του κεφαλιού του χειρουργού και να κατευθύνει την κάμερα σύμφωνα με αυτές. Για το λόγο αυτό, ο χειρουργός φοράει έναν ειδικό, ελαφρύ κεφαλόδεσμο στον οποίο έχει

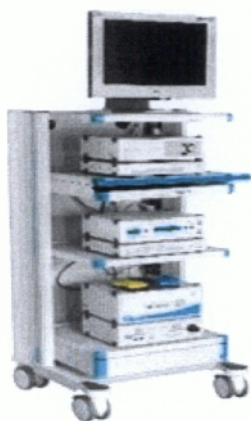


προσαρτηθεί ένας ασύρματος πομπός υπέρυθρων. Οι κινήσεις του ρομποτικού βραχίονα, και συνεπώς και της λαπαροσκοπικής κάμερας, εκτελούνται μόνο όταν ο χειρουργός έχει πατημένο ένα ειδικό πεντάλ (Kim, 2004).

Εικόνα 16: Ο ρομποτικός βραχίονας ENDOASSIST (Armstrong Healthcare,UK). Στη δεξιά φωτογραφία φαίνεται το σύστημα ανίχνευσης κίνησης που προσαρμόζεται στην κεφαλή του χειρουργού και καθοδηγεί αναλόγως την κίνηση του ενδοσκοπίου που συγκρατεί ο βραχίονας.

Γ. Τον ενδοσκοπικό πύργο-οπτικό σύστημα(INSITE)

Στον οποίο βρίσκονται τα συστήματα αναπαραγωγής της εικόνας, καθώς και μία οθόνη από την οποία παρακολουθεί το χειρουργείο η υπόλοιπη χειρουργική ομάδα. Το οπτικό σύστημα da Vinci ονομάζεται InSite (εικ.17). Διότι είναι κατασκευασμένο για να δίνει την αίσθηση στο χειρουργό ότι τα χέρια του είναι βυθισμένα στο σώμα του ασθενή. Ο έλεγχος της κάμερας γίνεται με πεντάλ που υπάρχει στα πόδια του χειρουργού. Η



κάμερα του da Vinci αποτελείται από δύο υψηλής ανάλυσης κάμερες οπτικών ινών που βρίσκονται στο εσωτερικό ενός ενδοσκοπίου 12 mm.

Εικόνα 17: Ενδοσκοπικός πύργος da Vinci(INSITE)

Η οποία παρέχει τρισδιάστατη έγχρωμη εικόνα στο χειρουργό που κάθεται στην κονσόλα. Οι κάμερες αυτές μεγεθύνουν το χειρουργικό πεδίο έως και 12 φορές. Η 3D εικόνα επιτυγχάνεται από δύο εικόνες του εγχειρητικού πεδίου που μεταφέρονται μέσω διαφορετικών οπτικών καναλιών σε δύο υψηλής ανάλυσης οθόνες μέσα στη κονσόλα ελέγχου. Το δεξί και το αριστερό μάτι του χειρουργού βλέπουν ελαφρώς διαφορετικές εικόνες που τις αντιλαμβάνονται ως μία τρισδιάστατη εικόνα.



Εικόνα 18: Οπτικό σύστημα da vinci (insite).

Μηχανήματα Αποθήκευσης

Για την αποθήκευση της λαπαροσκοπικής εικόνας μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα εξής:

-*Video Recorder*, οπότε σε κασέτα VHS ή άλλης τεχνολογίας καταγράφεται όλη η λαπαροσκοπική επέμβαση.

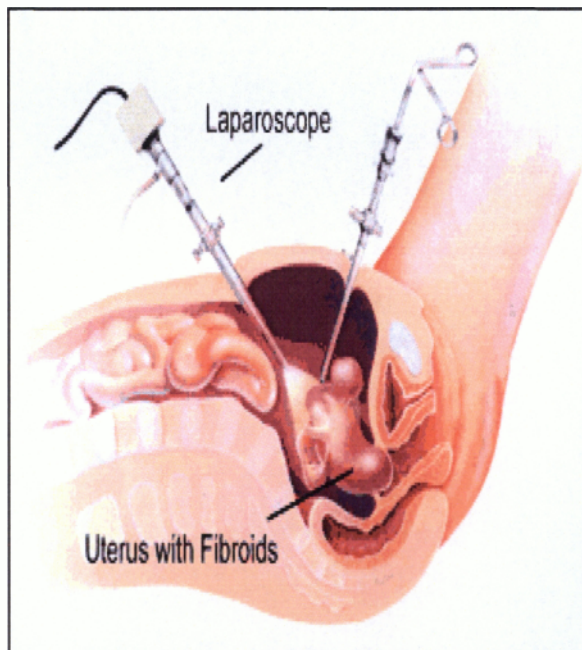
- *Disk Recorder*, Οι δίσκοι έχουν μεγαλύτερη χωρητικότητα και μικρότερο μέγεθος από τις κασέτες του video.

-*Εκτυπωτές*, με τη βοήθεια των οποίων εκτυπώνονται συγκεκριμένες εικόνες που είτε απεικονίζονται στην οθόνη κατά τη διάρκεια της επέμβασης είτε λαμβάνονται από τις κασέτες ή τους δίσκους αργότερα και χρησιμοποιούνται για διδακτικούς σκοπούς ή δίνονται ως αναμνηστική φωτογραφία στον ασθενή.

Ο ενδοσκοπικός πύργος

Περιλαμβάνει Λαπαροσκόπιο ,Φωτεινή Πηγή και καλώδιο φωτός:

- i. *Το Λαπαροσκόπιο*: Είναι ένας μεταλλικός σωλήνας που στο εσωτερικό του φέρει πολλαπλούς κυλινδρικούς φακούς και στην περιφέρειά του ειδικό αγωγό οπτικών ινών για



τη μεταφορά του φωτισμού. Έχει διάμετρο συνήθως 10mm αλλά υπάρχουν λαπαροσκόπια με διάμετρο 5mm έως 0,7mm για ειδικές χρήσεις. Ο προσοφθάλμιος φακός του λαπαροσκοπίου προσαρμόζεται στην κεφαλή της κάμερας και επιτρέπει τη μεταφορά της εικόνας που βλέπει το λαπαροσκόπιο εντός της κοιλίας, στην οθόνη της τηλεόρασης. Η γωνία που σχηματίζει ο αντικειμενικός φακός λαπαροσκοπίου (εικ.19) με τον επιμήκη άξονά του, λέγεται γωνία οράσεως.

Εικόνα 19: Λαπαροσκόπιο (Laparoscope)

- ii. *Φωτεινή Πηγή*: Το εσωτερικό της κοιλίας κατά την διάρκεια της λαπαροσκοπήσεως πρέπει να φωτισθεί ώστε να είναι δυνατή η απεικόνιση των κοιλιακών σπλάχνων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικές πηγές

που αποδίδουν ψυχρό φωτισμό εντάσεως από 250 – 300 Watt. Το φως μεταφέρεται στο λαπαροσκόπιο δια μέσου εύκαμπτου αγωγού οπτικών ινών και δια μέσου του εξωτερικού αγωγού του λαπαροσκοπίου εντός της κοιλίας. Η αυξομείωση του φωτισμού γίνεται αυτόματα μεταξύ της κάμερας και της φωτεινής πηγής ώστε να απεικονίζονται ευκρινώς περιοχές που απαιτούν περισσότερο φωτισμό κατά την διάρκεια της λαπαροσκοπήσεως.

- iii. *Καλώδιο φωτός*: Το καλώδιο φωτός συνδέει τη φωτεινή πηγή με το λαπαροσκόπιο. Έτσι, το φως μεταδίδεται μέσα στην περιτοναϊκή κοιλότητα. Το καλώδιο αυτό σήμερα αποτελείται από πλαστικό σωλήνα, που γεμίζει με ειδικό υγρό και οι άκρες του σφραγίζονται από χαλαζία. Το ινο-οπτικό καλώδιο απορροφούσε 50-80% του φωτός, ενώ συγχρόνως δεν επέτρεπε τη μετάδοση του μπλε φάσματος, με συνέπεια η κοιλία να φαίνεται καφέ ή κιτρινωπή.

6.1.1.2. Ενδοσκοπικά εργαλεία *ENDOWRIST*⁸⁾

Το τελικό εργαλείο προσαρμόζεται ανάλογα με την εφαρμογή. Μπορεί να είναι ένα κοφτερό εργαλείο για τη κοπή των ιστών, μια αρπαγή ώστε να μπορεί ο χειρουργός να πιάσει και να αφαιρέσει τους ιστούς ή ακόμα και συγκρατητής βελόνας για να κάνει ράμματα. Τα εργαλεία της λαπαροσκοπικής χειρουργικής (εικ.20) είναι πολλών χρήσεων ή μιας χρήσεως, έχουν διάμετρο 5mm ή 10mm και μήκος 27-35 cm, διαθέτουν μακρείς άξονες εργασίας, μικρές λειτουργικές επιφάνειες και καθοδηγούνται από συνήθεις χειρολαβές.



Εικόνα 20: Μικροχειρουργικές λαβίδες.

⁸ i. Χειρουργικές λαβίδες Cadierre και Cichon, ii. Σπάτουλα καυτηρίασης, iii. Νυστέρι με λεπίδα beaver, iv. Μεγάλες οδηγούς βελόνας, v. Χειρουργικές λαβίδες τύπου EndoWrist.

Τα ρομποτικά χειρουργικά εργαλεία περιλαμβάνουν τεχνολογία EndoWrist (εικ.21). Που σημαίνει ότι εκτός από την άρθρωση που υπάρχει στον καρπό του βραχίονα, τα ίδια τα εργαλεία φέρουν άρθρωση κοντά στην άκρη τους. Η άκρη των εργαλείων μπορεί να περιστρέφεται και να εκτελεί κινήσεις Pitch και Yaw. Με την τεχνολογία αυτή οι κατασκευαστές πρόσθεσαν δύο επιπλέον DOF στα χειρουργικά εργαλεία προκειμένου να εκτελούν κινήσεις ίδιες με αυτές που εκτελεί ο ανθρώπινος



Εικόνα 21: Λαβίδες Endowrist.

καρπός σε οποιαδήποτε κατεύθυνση, αυξάνοντας σημαντικά την ευκολία χρήσης τους και μεταφέροντας την επιδεξιότητα του χεριού και του καρπού του χειρουργού. Υπάρχει ένα εύρος διαφορετικών εργαλείων που είναι διαθέσιμα όπου κάθε ένα μπορεί να χρησιμοποιηθεί έως και δέκα φορές (μετά το ρομποτικό σύστημα τα απενεργοποιεί εμποδίζοντας την παραπέρα χρήση τους).

Τα ρομποτικά εργαλεία τύπου EndoWrist διαθέτουν βαθμούς ελευθερίας κινήσεων και μιμούνται την ευκινησία του ανθρώπινου χεριού και καρπού, και γι' αυτό ονομάστηκαν και Endo-Wrist (Ενδο-Καρπός).

Κάθε εργαλείο έχει μία ειδική χειρουργική αποστολή, όπως να συλλαμβάνει, να ράβει, να κόβει ,να χειρίζεται τους ιστούς κτλ. Μία ταχύτατη αλλαγή των εργαλείων είναι δυνατή κατά την διάρκεια της επέμβασης. Μία πλήρη ποικιλία ρομποτικών εργαλείων είναι στην διάθεση του χειρουργού για την ιδανική διενέργεια της ρομποτικής επέμβασης.

Εσωτερικές αυτόματες συσκευές

i. Το Endograb™ (Virtual Ports, MisgavIsrael)

Είναι μία συσκευή, η οποία, αφού εισέλθει στην περιτοναϊκή κοιλότητα μέσω port 5mm, με το ένα άκρο της συλλαμβάνει το τοίχωμα της χοληδόχου κύστης, ενώ το άλλο καθλώνεται σε επιθυμητή θέση στο πρόσθιο περιτόναιο. Πλεονεκτήματα της συσκευής είναι η αποφυγή δημιουργίας επιπλέον δερματικής ουλής, η εύκολη διεγχειρητική

επανατοποθέτησή της, και η ικανοποιητική, παρόμοια με την χρήση παραδοσιακής λαβίδας έλξης στην λαπαροσκοπική χειρουργική, έλξη του ήπατος.

ii. *To Single-site laparoscopic access system (Ethicon Endo-Surgery)*

Εισάγεται μέσω δερματικής τομής μήκους 2-2,5 cm και αποτελείται από την αεροστεγή κεφαλή, που διαθέτει δύο port των 5mm και ένα των 12 mm , καθώς και βαλβίδα για διοχέτευση, αλλά και περιοδική μερική εκκένωση, του αερίου για την επίτευξη πνευμοπεριτοναίου.

iii. *To TriPort ή R-Port (Advanced Surgical Concepts, Wicklow, Ireland)*

Εισάγεται μέσω δερματικής τομής μήκους 1,5-2 cm και αποτελείται από την αεροστεγή κεφαλή, που διαθέτει δύο port των 5mm και ένα των 12 mm , καθώς και βαλβίδα για διοχέτευση, αλλά και περιοδική μερική εκκένωση, του αερίου που χρησιμοποιείται για την επίτευξη πνευμοπεριτοναίου.

iv. *To SILS port multiple access port (Covidien)(εικ. 22)*



Εισάγεται με την ανοιχτή μέθοδο (τεχνική Hasson) μέσω δερματικής τομής μήκους 2 cm. Διαθέτει τρεις πύλες για την είσοδο τριών port των 5mm ή δυο port των 5 mm και ενός των 12 mm, αλλά και δυνατότητα διοχέτευσης, αλλά και περιοδική μερική εκκένωσης, του αερίου που χρησιμοποιείται για την επίτευξη πνευμοπεριτοναίου. Επίσης, η εταιρία διαθέτει και ομάδα συνοδευτικών εργαλείων για την επιτέλεση SILS χολοκυστεκτομής.

Εικόνα 22: SILS port multiple access port (covidien)

v. *To SITRACC port (EDLO)*

Εισάγεται μέσω δερματικής τομής μήκους 2-3 cm, με υλικό κατασκευής την σιλικόνη και διαθέτει αυτοεκπτυσσόμενο διαστολέα, από την ενδοκοιλιακή του πλευρά, που παρεμποδίζει την διαφυγή αερίου από το πνευμοπεριτόναιο. Η συσκευή κυκλοφορεί σε τρεις τύπους, με τέσσερα port των 5mm, με τρία port των 5mm και ένα των 10 mm, και με τρία port των 5mm και ένα των 13 mm.

vi. *To GelPort (Applied Medical, Rancho Santa Margarita, CA(εικ.23)*



Εισάγεται με την ανοιχτή μέθοδο (τεχνική Hasson) μέσω δερματικής τομής μήκους 3 cm ή και μεγαλύτερης. Ο αρχικός της σχεδιασμός ήταν για χρήση σε λαπαροσκοπικές εγχειρήσεις [hand-assisted laparoscopic surgery (HALS)], αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε εγχειρήσεις SILS με δυνατότητα ταυτόχρονης εισαγωγής μέχρι και 4 εργαλείων.

Εικόνα 23: Το GelPort (Applied Medical, Rancho Santa Margarita, CA).

vii. *X-COYE και EYDOCOYE (Karl Storz, Tuttlingen, Germany)*

Η X-CONE εισάγεται μέσω δερματικής τομής μήκους 2-2,5 cm, είναι επαναχρησιμοποιούμενη, και διαθέτει δύο port των 5mm και ένα των 10 ή 12 mm. Η ENDOCONE, είναι μεγαλύτερης διαμέτρου από την προηγούμενη, εισάγεται μέσω δερματικής τομής μήκους 3,5 cm, είναι και αυτή επαναχρησιμοποιούμενη, διαθέτει έξι port των 5mm και δύο των 10 ή 12 mm και, φυσικά, συνοδεύεται από ειδικά κυρτά λαπαροσκοπικά εργαλεία.

viii. *Η συσκευή AirSeal (SurgiQuest, Orange, CT)*

Η πρωτοτυπία της συσκευής, από όπου προέρχεται και το όνομα της, είναι η αεροστεγής μέθοδο διατήρησης του πνευμοπεριτοναίου που διαθέτει και επιτρέπει την είσοδο εργαλείων ,χωρίς, ταυτόχρονη, διαφυγή αερίου.

ix. Η συσκευή *Uni-X single port laparoscopic system* (*Pnavel Systems, Morganville, YJ*)

Εισάγεται με την ανοιχτή μέθοδο (τεχνική Hasson) και διαθέτει τρία port των 5mm, ενώ η διατήρηση του πνευμοπεριτοναίου επιτυγχάνεται με την χρήση ραφών επί της περιτονίας.

6.1.1.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗΣ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗΣ

Δυνατά Σημεία Ανθρώπου	Ανθρώπινοι Περιορισμοί	Δυνατά Σημεία Ρομπότ	Ρομποτικοί Περιορισμοί
Καλός συντονισμός ματιών-χεριών	Επιδεξιότητα περιορισμένη στην φυσική κλίμακα	Καλή γεωμετρική ακρίβεια	Καμία κρίση
Επιδέξιος	Επιρρεπής στον τρόπο των χεριών και την κούραση	Σταθερό και ακούραστο	Ανίκανο να χρησιμοποιήσει ποιοτικές πληροφορίες
Ευέλικτος και προσαρμόσιμος	Περιορισμένη γεωμετρική ακρίβεια	Κλιμάκωση της κίνησης	Έλλειψη απτικής αίσθησης
Μπορεί να ενσωματώσει εκτεταμένες και ποικίλες πληροφορίες	Περιορισμένη ικανότητα στη χρήση ποσοτικών πληροφοριών	Μπορεί να χρησιμοποιεί ποικίλους αισθητήρες για έλεγχο	Ακριβό
Στοιχειώδης απτική ικανότητα	Περιορισμένη αποστείρωση	Μπορεί να αποστειρωθεί	Ακόμα ρευστή τεχνολογία
Μπορεί να χρησιμοποιεί ποιοτικές πληροφορίες	Ευπαθής στην ακτινοβολία και τις μολύνσεις	Ανθεκτικό στην ακτινοβολία και την μόλυνση	Χρειάζονται περισσότερες μελέτες

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της ρομποτικής Χειρουργικής σε σύγκριση με την συμβατική χειρουργική.

Πιο συγκεκριμένα

Πλεονεκτήματα ρομποτικής λαπαροενδοσκοπικής χειρουργικής μίας οπής (robotic LESS)

Η συμβατική λαπαροενδοσκοπική χειρουργική μίας οπής (LESS), η οποία εκτελείται λαπαροσκοπικά, παρουσιάζει τρία βασικά μειονεκτήματα:

- Περιορισμένη ευκινησία των λαπαροσκοπικών εργαλείων, επειδή η επέμβαση εκτελείται μέσα από ένα περιορισμένο χώρο.
- Αυξημένο βαθμό δυσκολίας.
- Αυξημένο κόστος, λόγω των ειδικών εργαλείων που απαιτούνται.

Αντίθετα, η ρομποτική τεχνολογία ξεπερνάει σε μεγάλο βαθμό τις παραπάνω δυσκολίες προσφέροντας το πλήρες φάσμα των πλεονεκτημάτων της λαπαροενδοσκοπικής επέμβασης μίας οπής. Έτσι η ρομποτική σε σύγκριση με την απλή λαπαροενδοσκοπική επέμβαση μίας οπής (robotic LESS versus LESS) είναι και πιο απλή και πιο ευέλικτη στον χειρισμό.

Είναι μια πραγματικότητα μεγάλες και πολύπλοκες χειρουργικές επεμβάσεις να εκτελούνται μέσω μίας και μοναδικής οπής (μίας μικροσκοπικής τομής γύρω από τον ομφαλό). Έτσι εξασφαλίζονται τα πλεονεκτήματα της οριστικής και πλήρους θεραπείας με την δυνατότητα για: λιγότερες ουλές, καλύτερο κοσμητικό αποτέλεσμα, ταχύτερη ανάρρωση, συντομότερη παραμονή στο νοσοκομείο.

Στην χειρουργική θεραπεία των ουρολογικών παθήσεων η χειρουργική εργασία στην κλίμακα του χιλιοστού μέσα από μία οπή κάνει την διαφορά. 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 da Vinci συμβάλει στην επιτυχημένη αντιμετώπιση της ουρολογικής πάθησης εξαφανίζοντας ή περιορίζοντας σημαντικά τα ενοχλητικά συμπτώματα που προκαλούσε. Σχετικά με την πλήρη θεραπεία της ουρολογικής πάθησης η da Vinci λαπαροενδοσκοπική χειρουργική μίας οπής εμφανίζει σ' επιλεγμένους ασθενείς παρόμοια αποτελέσματα σε σύγκριση με την ανοιχτή χειρουργική θεραπεία ή με την συμβατική ρομποτική προσέγγιση πολλαπλών οπών.

Πιθανοί κίνδυνοι και επιπλοκές

Όπως με κάθε μεγάλο χειρουργείο, οι επιπλοκές, αν και πολύ σπάνιες, μπορεί να συμβούν και με την ρομποτική λαπαροενδοσκοπική χειρουργική μίας οπής (robotic LESS). Η πιθανότητα των επιπλοκών εξαρτάται κυρίως από την εμπειρία του χειρουργού και την προηγούμενη κατάσταση του ασθενούς. Οι πιθανοί κίνδυνοι και επιπλοκές περιλαμβάνουν:

-Αιμορραγία: Η απώλεια αίματος κατά την διάρκεια της ρομποτικής επέμβασης είναι λιγότερη από 100ml και η ανάγκη για μετάγγιση αίματος μικρότερη από 1-2% των περιπτώσεων.

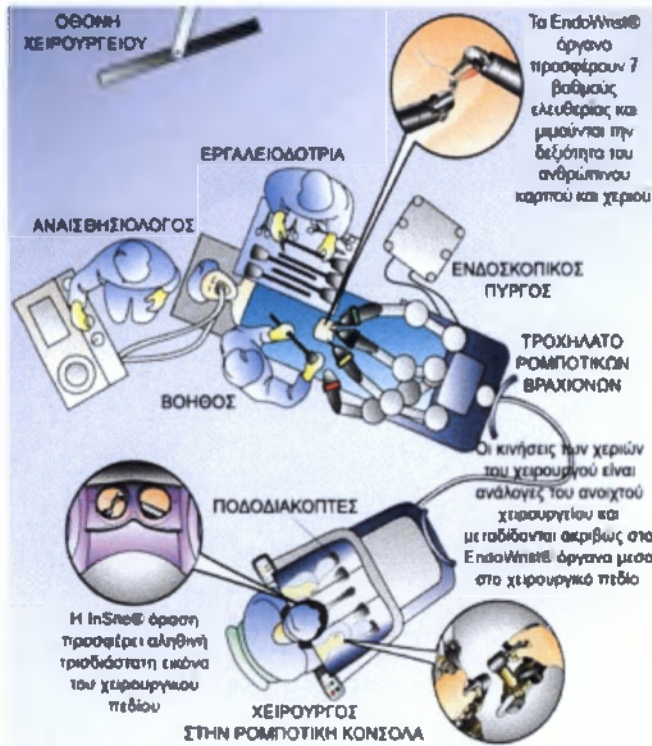
-Λοιμώξεις: Με την χρήση των ενδοφλέβιων αντιβιοτικών ο κίνδυνος λοιμώξεων είναι εξαιρετικά σπάνιος. Σε περίπτωση που εμφανισθούν συμπτώματα λοίμωξης (πυρετός, εκροή υγρού από τις οπές του δέρματος, ερυθρότητα των τομών, συχνουρία, πόνος, δυσουρία κτλ) θα πρέπει να ενημερώσετε αμέσως τον γιατρό σας.

-Μετεγχειρητική κήλη: Λόγω της μίας και μοναδικής μικροσκοπικής οπής σπάνια αναπτύσσεται κήλη σ' αυτή την θέση. Η τομή, μέσα από την οποία αφαιρέθηκε σε πλαστικό σάκο το πάσχων όργανο, συρράπτεται προσεκτικά για να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος μετεγχειρητικής κήλης.

-Τραυματισμός γειτονικών οργάνων: Επειδή η ρομποτική λαπαροενδοσκοπική χειρουργική μίας οπής (robotic LESS) εκτελείται υπό συνεχή οπτική παρακολούθηση και μάλιστα μεγεθυμένη 10-15 φορές και τρισδιάστατη και τα ρομποτικά εργαλεία κινούνται μ' εξαιρετική ακρίβεια χιλιοστού ο κίνδυνος ανεπιθύμητου τραυματισμού ενός γειτονικού οργάνου είναι πολύ περιορισμένος. Το παχύ και το λεπτό έντερο, ο σπλήνας, το συκώτι, η χοληδόχος κύστη, το πάγκρεας, το δωδεκαδάκτυλο, ο νεφρός, οι μύες, τα αιμοφόρα αγγεία και τα νεύρα είναι σε άμεση γειτονία και ορισμένες φορές σε επαφή με τις νεφρικές κύστες και μπορεί να τραυματισθούν με την ίδια ίσως και μικρότερη συχνότητα απ' ότι στην ανοιχτή επέμβαση, που θεωρείται πιο τραυματική.

-Μετατροπή σε συμβατικό λαπαροσκοπικό / ρομποτικό ή ανοιχτό χειρουργείο: Σε εξαιρετικά σπάνιες περιπτώσεις όταν παρουσιασθούν επιπλοκές ή δυσκολία στην συνέχεια της ρομποτικής επέμβασης η μετατροπή σε συμβατική λαπαροσκοπική ή ακόμα και σε ανοιχτή επέμβαση είναι αναγκαία. Αυτό συμβαίνει σε εξαιρετικά μικρό ποσοστό.

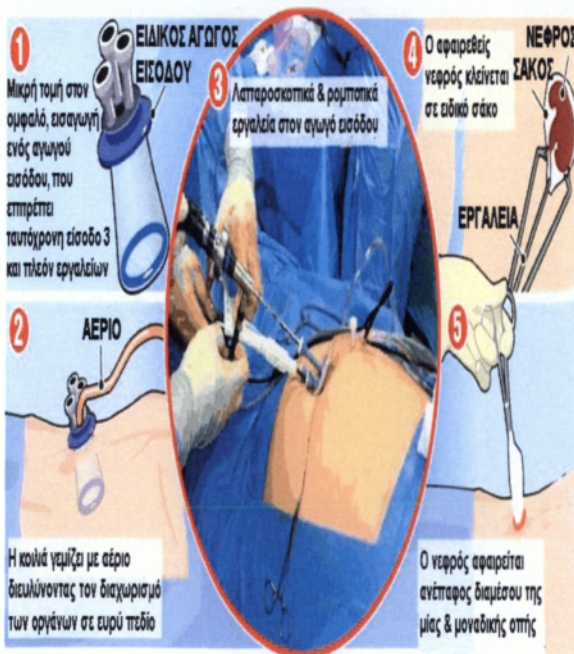
6.1.1.4. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΧΕΙΡΟΥΡΓΟΥ



Οι ειδικοί αυτοί σωληνίσκοι (τα λεγόμενα τροκάρ), που είναι ενσωματωμένοι στον ειδικό αγωγό εισόδου, επιτρέπουν την ταχεία είσοδο και έξοδο των λαπαροσκοπικών και ρομποτικών εργαλείων στο εσωτερικό της κοιλιάς του ασθενή (Εικ.24).

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.

Εικόνα 24: Διαδικασία ρομποτικού χειρουργείου da vinci.



Ο χειρουργός χειρίζεται 3 πολύ-αρθρωτά ρομποτικά 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 (Εικ.25). Πολύ-αρθρωτά ρομποτικά εργαλεία επιτρέπουν στον ουρολόγο μέσα στο σώμα του ασθενή με την ίδια ικανότητα σαν να έχει δύο μικροσκοπικά ανθρώπινα χέρια ενώ χειρουργεί μέσα από μία οπή.

Εικόνα 25: Σχηματική παράσταση της λαπαροενδοσκοπικής χειρουργικής μίας οπής.

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 da Vinci 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 πάσχων όργανο παρασκευάζεται και απελευθερώνεται από τους γύρω ιστούς και όργανα χρησιμοποιώντας ειδικά λαπαροσκοπικά και ρομποτικά εργαλεία. Κατόπιν αυτό τοποθετείται σε ειδικό πλαστικό σάκο και αφαιρείται μέσω της αρχικής οπής που δημιουργήθηκε. Το αφαιρεθέν όργανο αποστέλλεται για βιοψία (παθολογοανατομική εξέταση). Η μοναδική μικροσκοπική τομή συρράπτεται χρησιμοποιώντας τεχνικές πλαστικής χειρουργικής για ελαχιστοποίηση της ουλής. Το σημάδι της επέμβασης απορροφάται ταχύτατα και ένα μήνα μετά δεν φαίνεται σχεδόν καθόλου.

6.1.1.5. ΟΙ ΕΚΔΟΣΕΙΣ DA VINCI S^{HD} ΚΑΙ DA VINCI SI^{HD}

Το da Vinci SHD αποτελεί μία αρκετά βελτιωμένη έκδοση του ρομποτικού συστήματος da Vinci. Τα νέα χαρακτηριστικά που αυτό υιοθετεί σε σχέση με την αρχική έκδοση του συστήματος περιλαμβάνουν:

1. Σύστημα απaráμιλλης τρισδιάστατης οπτικής απεικόνισης υψηλής ευκρίνειας (high definition) 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.
2. Βελτιωμένη επιδεξιότητα και ακρίβεια, χάρη στην τεχνολογία Intuitive Movement, 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.

3. Ανώτερη εργονομία για μεγαλύτερη άνεση στη στάση του χειρουργού και βέλτιστη ευθυγράμμιση των χεριών και των ματιών του.

4. Γρήγορη και ασφαλή προετοιμασία του συστήματος πριν από την επέμβαση, με ταχύτερη και ελεγχόμενη πρόσβαση αυτού στον ασθενή και μηχανοκίνητο φορείο δίπλα στον ασθενή.

5. Υιοθέτηση τέταρτου ρομποτικού βραχίονα για απλούστευση της χειρουργικής επέμβασης (Solo Surgery).

6. 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.

7. 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.

8. Μία ολοκληρωμένη κονσόλα αφής (touchpad) δίνει στο χειρουργό τη δυνατότητα να ελέγχει τις ρυθμίσεις του βίντεο, του ήχου και του συστήματος.

9. 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.

10. 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 βραχιόνων (εργαλείων ή ενδοσκοπίου).

11. Στο σύστημα όρασης έχει ενσωματωθεί η δυνατότητα ανάρτησης στο ταβάνι (ή σε έναν τοίχο) με σκοπό την εξοικονόμηση πολύτιμου χώρου μέσα στη χειρουργική αίθουσα.

12. Η επεκτασιμότητα της αρχιτεκτονικής του συστήματος διασφαλίζει την αναβάθμιση και τη συμβατότητα με τη σύγχρονη και μελλοντική τεχνολογία της χειρουργικής

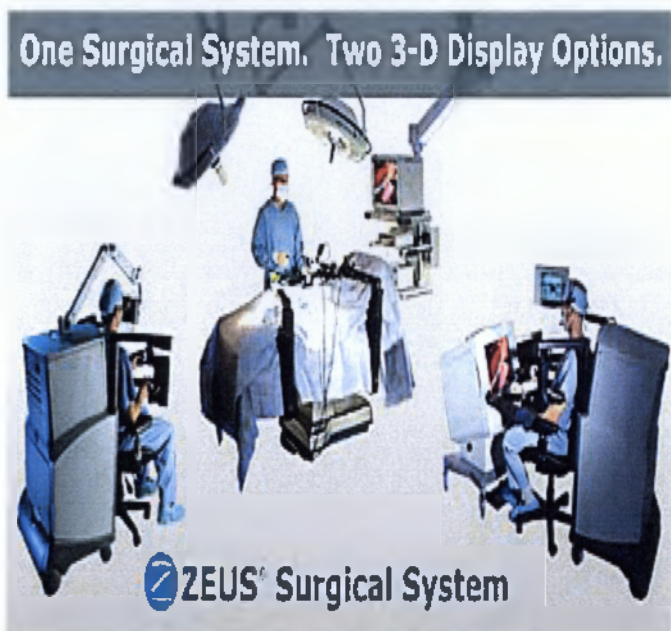
αίθουσας. Ενδεικτικά, το σύστημα da Vinci έχει ήδη εγκατασταθεί σε μεγάλα ιατρικά κέντρα.^[9]

6.1.2. ΤΟ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ZEUS (MASTER-SLAVE)

Ιστορικά

Το Zeus και το Da Vinci (εικ.26) αναπτύχθηκαν αρχικά για χρήση στην καρδιοχειρουργική. Οι πιο προηγμένες χρήσεις του περιλαμβάνουν τη λήψη της έσω μαστικής αρτηρίας και την εκτέλεση αορτοστεφανιαίας παράκαμψης. Υπάρχουν χειρουργικές ομάδες που εκτελούν την επέμβαση σε παλλόμενη καρδιά, χωρίς τη χρήση αντλίας παράκαμψης και χωρίς φυσικά θωρακοτομή, στο Μόναχο, το Λονδίνο του Οντάριο και αλλού.

Το σύστημα έχει ακόμη χρησιμοποιηθεί για εκτέλεση περικαρδιοτομής ενώ εμφανίζεται ιδιαίτερα ελπιδοφόρο στη χειρουργική σε περιβάλλον με πολύπλοκη



ανατομική. Υπάρχουν μελέτες οι οποίες δείχνουν ότι οι αναστομώσεις του πεπτικού με το Zeus παρουσιάζουν λιγότερες επιπλοκές έναντι των συνήθων λαπαροσκοπικών, αν και απαιτούν περισσότερο χρόνο.

Εικόνα 26: Σύστημα ZEUS.

⁹ Στις Ηνωμένες Πολιτείες, την Αυστρία, το Βέλγιο, τον Καναδά, τη Δανία, τη Γαλλία, τη Γερμανία, την Ιταλία, την Ινδία, την Ιαπωνία, την Ολλανδία, τη Ρουμανία, τη Σαουδική Αραβία, τη Σιγκαπούρη, τη Σουηδία, την Ελβετία, το Ηνωμένο Βασίλειο, την Αυστραλία, την Τουρκία, την Ελλάδα και την Τσεχία.

Στο Louisiana State University εξέτασαν τη χρησιμότητα του Zeus σε παιδοχειρουργικές επεμβάσεις και ειδικά τα πλεονεκτήματα τηλερομποτικής συρραφής έναντι της συνήθους λαπαροσκοπικής. Η ομάδα του LSU διαπίστωσε ότι μπορούσαν να εκτελέσουν εντερο-αναστομώσεις σε χοίρους σε 14 λεπτά λιγότερο από ότι με τις συνήθεις λαπαροσκοπικές τεχνικές. Πολλές ομάδες αξιολόγησαν το Zeus ως μέσο εκπαίδευσης φοιτητών, ειδικευόμενων και ειδικευμένων χειρουργών στις προηγμένες λαπαροσκοπικές τεχνικές. Αυτές οι μελέτες έδειξαν ότι στις απλές κινήσεις δεν διαπιστώνεται κανένα πλεονέκτημα του τηλερομπότ. Αντιθέτως, περισσότερο πολύπλοκες διαδικασίες όπως η συρραφή ή η εκτέλεση χειρουργικού κόμπου πραγματοποιούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα και ακρίβεια με τη χρήση του τηλερομπότ ανεξαρτήτως του επιπέδου εκπαίδευσης του χειριστή. Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι τα χειρουργικά τηλερομποτικά συστήματα θα μπορούσαν να διευκολύνουν την εκμάθηση και την εκτέλεση πολύπλοκων κινήσεων. Η Computer motion η εταιρεία που παρήγε το Zeus, εξαγοράστηκε πρόσφατα από την Intuitive Surgical, την εταιρεία που παράγει το Da Vinci, και η εξέλιξή του φαίνεται ότι σταμάτησε με την ενσωμάτωση των όποιων πλεονεκτημάτων του στην τελευταία γενιά του Da Vinci. Το Zeus είναι το νεότερο και πλέον τεχνικά προηγμένο ρομποτικό βοήθημα. Περιέχει ρομποτικούς βραχίονες που μιμούνται τον συμβατικό χειρουργικό εξοπλισμό και μια οθόνη που προσφέρει στον χειρουργό ορατότητα του χειρουργικού του πεδίου. Το πιο σημαντικό όμως είναι ότι δίνει στον χειρουργό τη

δυνατότητα να χειρουργεί έναν ασθενή χρησιμοποιώντας ένα χειριστήριο με χειρολαβές που μεταφράζουν τις κινήσεις των χεριών του χειρουργού σε ακριβείς μικρο-κινήσεις μέσα στο σώμα του ασθενή. Για παράδειγμα, μια κίνηση ενός εκατοστού από τον χειρουργό μεταφράζεται σε κίνηση ενός χιλιοστού της άκρης του χειρουργικού οργάνου που κρατά ο ρομποτικός βραχίονας.



Εικόνα 27 : Στα ρομποτικά συστήματα τύπου master-slave ανήκουν τα χειρουργικά συστήματα Zeus .

Το Zeus έχει επίσης τη δυνατότητα να μειώνει τον τρόπο των χεριών του χειρουργού και να αυξάνει εξαιρετικά την επιδεξιότητα του χειρουργού (Εικ.27). Επιτρέπει στον χειρουργό να υπερβεί τα όρια της ελάχιστα υπερβατικής χειρουργικής και καθιστά δυνατές πολυάριθμες λεπτεπίλεπτες επεμβάσεις που μέχρι τώρα ήταν αδύνατο να εκτελεστούν. Το κόστος του είναι περίπου ένα εκατομμύριο δολάρια για κάθε ρομπότ.

Τεχνικά χαρακτηριστικά ρομποτικού συστήματος Zeus

Γενικά: Οι κατασκευαστές του AESOP ανέπτυξαν το σύστημα τηλερομποτικής χειρουργικής Zeus. Αυτό χρησιμοποιεί τον AESOP για να κρατά την κάμερα και προστίθενται άλλοι δύο βραχίονες για να χειρίζονται χειρουργικά εργαλεία. Οι τρεις ανεξάρτητοι βραχίονες προσαρμόζονται στο χειρουργικό τραπέζι. Ένας υπολογιστής στην κονσόλα ελέγχου του χειρουργού ελέγχει τους βραχίονες παρακολουθώντας σε τρεις διαστάσεις τη θέση του άκρου κάθε εργαλείου και της κάμερας και όχι τη θέση των τροκάρ όπως και στο Da Vinci. Η πιο πρόσφατη έκδοση του Zeus χρησιμοποιεί ένα εργονομικό interface μεταξύ του χειρουργού και των ρομποτικών οργάνων. Το Zeus χρησιμοποιεί ειδικά αρθρωτά εργαλεία, με την άρθρωση κοντά στο άκρο τους. ο χειρουργός κάθεται σε μια πολυθρόνα μπροστά από ένα βίντεο μόνιτορ.

Το χειρουργικό ρομποτικό σύστημα Zeus, 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 την ενδοσκοπική κάμερα μέσα στο σώμα του ασθενούς με



τη βοήθεια φωνητικών εντολών, παρέχοντας στον χειρουργό τη δυνατότητα να έχει δισδιάστατη ή τρισδιάστατη, σταθερή και μεγεθυσμένη εικόνα του χειρουργικού πεδίου. Ο έλεγχος των δύο άλλων ρομποτικών βραχιόνων, του αριστερού και του δεξιού, γίνεται από τον χειρουργό με τη χρήση ειδικών μοχλών στην κεντρική κονσόλα (Εικ.28), οι κινήσεις των οποίων μετατρέπονται σε κινήσεις των χειρουργικών εργαλείων.^[10]

Εικόνα 28: Ειδικοί μοχλοί ελέγχου.

¹⁰ Marescaux, 2003.

ΕΠΕΜΒΑΣΗ LINDBERGH

Πιο συγκεκριμένα με αυτή την επέμβαση πραγματοποιείται, η καθυστέρηση του σήματος λόγω της μεγάλης απόστασης, από την ώρα που ο χειρουργός κινεί τα χέρια του μέχρι τη στιγμή που ο βραχίονας εκτελεί την κίνηση και η εικόνα αυτή προβάλλεται πίσω στην οθόνη του χειρουργού, αποτελεί ιδιαίτερα κρίσιμο παράγοντα. Ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στην κίνηση των χεριών του χειρουργού και την κίνηση των τελικών στοιχείων δράσης του ρομποτικού συστήματος (χειρουργικών εργαλείων) μπορεί να γίνει τόσο μεγάλος εξαιτίας της καθυστέρησης του μεταδιδόμενου σήματος που ο ιστός θα μπορούσε εν τω μεταξύ να κινηθεί και ο χειρουργός να κόψει λάθος σημείο του.

Εξαιτίας της καθυστέρησης αυτής, πιστευόταν αρχικά ότι μία επέμβαση τηλεχειρουργικής με τη βοήθεια επίγειων επικοινωνιών θα ήταν εφικτή σε μερικές μόνο εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά. Ακόμη και οι γεωσύγχρονοι δορυφόροι, οι οποίοι εισάγουν μία καθυστέρηση 1.5 sec περίπου, θεωρούνται ακατάλληλοι για την εκτέλεση τέτοιων επεμβάσεων. Οι Marescaux και Gagner υπολόγισαν ότι μία ασφαλή χειρουργική επέμβαση από μεγάλη απόσταση απαιτούσε μία μέγιστη καθυστέρηση 300 msec περίπου.

Εντούτοις, κατάφεραν να εκτελέσουν τη χειρουργική επέμβαση με μέση καθυστέρηση της τάξης των 155 msec πάνω στις υπερωκεάνιες αποστάσεις. Για την εκτέλεση της επέμβασης επιλέχτηκε η χρήση μίας επίγειας σύνδεσης ATM οπτικής ίνας λόγω του υψηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων (10Mb/s) και της ποιότητας της παρεχόμενης υπηρεσίας. Ο χρόνος προετοιμασίας του ρομποτικού συστήματος διήρκησε 16 min και η χοληδόχος κύστη αφαιρέθηκε μέσα σε 54 min (Εικ.29).



Εικόνα 29: Η επέμβαση Lindbergh σε εξέλιξη.

Κατά τη διάρκεια της επέμβασης αυτή, δύο χειρουργοί συνεργάστηκαν από απόσταση για να εκτελέσουν μία θολοπλαστική κατά Nissen. Ο ένας από αυτούς βρισκόταν δίπλα στον ασθενή και ο άλλος χειριζόταν το ρομποτικό χειρουργικό σύστημα από το άλλο νοσοκομείο. Ένα τέτοιο σενάριο θα μπορούσε μελλοντικά να επιτρέπει στους

χειρουργούς στις αγροτικές κυρίως περιοχές να λαμβάνουν εξειδικευμένη βοήθεια κατά τη διάρκεια ελάχιστα επεμβατικών εγχειρήσεων.

Άλλες εν δυνάμει εφαρμογές της τηλεχειρουργικής περιλαμβάνουν

1. Την εκπαίδευση νέων χειρουργών.
2. Την παροχή βοήθειας και εκπαίδευσης σε χειρουργούς των απομακρυσμένων περιοχών και των αναπτυσσόμενων χωρών.
3. Την παροχή φροντίδας και ιατρικής περίθαλψης σε στρατιώτες στο πεδίο της μάχης ή σε μέλη ερευνητικών αποστολών σε απομονωμένες περιοχές.
4. Την εκτέλεση χειρουργικών επεμβάσεων στο διάστημα.
5. Τη συνεργασία χειρουργών από όλον τον κόσμο κατά τη διάρκεια χειρουργικών επεμβάσεων
6. Τη μεταφορά φροντίδας υγείας σε περιοχές με υποβαθμισμένη ιατρική περίθαλψη, περιορίζοντας έτσι τη μετακίνηση των ασθενών.

Αποτελέσματα

Η επέμβαση Lindbergh δεν αποτέλεσε για την ιατρική μια σημαντική εξέλιξη δεδομένου ότι τηλεχειρουργικές επεμβάσεις είχαν πραγματοποιηθεί με επιτυχία και στο παρελθόν. Όμως ήταν η απόδειξη ότι η τεχνολογία υπολογιστών, η ρομποτική, οι οπτικές ίνες και οι χειρουργικές τεχνικές είχαν προηχθεί επαρκώς για να υπερνικήσουν τα τεχνικά προβλήματα που παρεμπόδιζαν τις προηγούμενες προσπάθειες.

Τεχνικά χαρακτηριστικά



1. Το βασικό μόνιτορ του συστήματος, έχει διαστάσεις έως 23''W x 23''D (εικ27).
2. Επίσης η κονσόλα (εικ.30) περιλαμβάνει μια οθόνη αφής και μέρος για την τοποθέτηση των μικροφώνων, τη μονάδα ελέγχου του προσωπικού υπολογιστή και του συστήματος κεντρικού ελέγχου Hermes .

Εικόνα 30: μόνιτορ zeus (Zeus master controller (early version)).



3. Το σύστημα περιλαμβάνει στάνταρ βιομηχανικό μηχανισμό εύκολης αποστείρωσης (Easy Sterilization). Πάνω από 40 εργαλεία είναι συμβατά με το χειρουργικό σύστημα Zeus και διατίθενται από τις εταιρείες Scalan, Storz, και US Surgical.

4. Το σύστημα επίσης διαθέτει ένα μηχανισμό γρήγορης αλλαγής των εργαλείων και ασφαλούς τοποθέτησης των νέων στο χειρουργικό πεδίο.

Εικόνα 31: κονσόλα Zeus (Zeus master controller and robotic system in surgical procedure).

5. Η προετοιμασία και το στήσιμο του συστήματος είναι γρήγορο και διαρκεί 15 min.

6. Οι βραχίονες (Εικ.32) είναι ελαφριοί και τοποθετούνται από το προσωπικό στο χειρουργικό τραπέζι.



7. Δευτερεύοντα μόνιτορ επίπεδης οθόνης, τοποθετούνται παράλληλα με το κυρίως μόνιτορ για να παρέχουν πρόσθετες πληροφορίες για τον ασθενή όπως πληροφορίες για τη λειτουργία των ζωτικών του οργάνων (π.χ. αναπνοή, θερμοκρασία, σφυγμούς), απεικόνιση αναφοράς οδήγησης εικόνας, και επιπλέον απεικόνιση του χειρουργικού πεδίου για χρήση με το σύστημα Socrates.

Εικόνα 32: Βραχίονας Zeus (Zeus arm with collar and instrumentation).

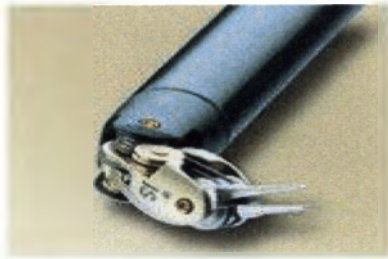
8. Το χειρουργικό σύστημα Zeus είναι ελαφρύ, εύκολο στην εγκατάσταση με ευελιξία ρυθμίσεων.

9. Ως προς το χειρισμό του είναι φιλικό προς το χρήστη, ένα απλό πεντάλ μπλοκάρει ή ξεμπλοκάρει το σύστημα. Όταν το σύστημα είναι ενεργοποιημένο είναι εύκολος ο έλεγχος του με φωνητικές εντολές ή μέσω του interface μιας οθόνης αφής.

10. Οι μοχλοί ελέγχου MicroWrist μεταφράζουν τις κινήσεις του χειρουργού φιλτραρισμένες, ακριβείς και πολύ πιο «λεπτές».

11. Το σύστημα έχει 6 αρθρώσεις εκ των οποίων οι 2 είναι παθητικές επομένως εκτελεί 4 κινήσεις δηλαδή 4 DOF.

12. Οι κινητήρες (σερβοκινητήρες) που βρίσκονται στο εσωτερικό του ρομποτικού βραχίονα του Zeus, περιλαμβάνουν εσωτερικούς ελέγχους που επιτρέπουν την εύκολη ρύθμιση της ταχύτητας.



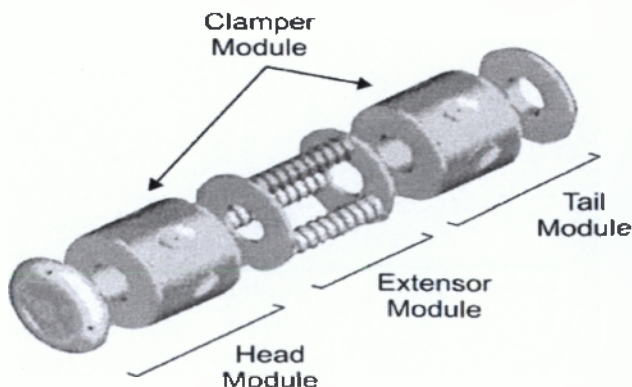
Εικόνα 33: εργαλείο microwrist.

13. Με τη χρήση των νέων εργαλείων MicroWrist (εικ.33) προστίθεται ένας ακόμα βαθμός ελευθερίας.

14. Το σύστημα προσφέρει σημαντικά μεγάλη λεπτυνση κινήσεων. Οι ρύθμιση αυτή επιτυγχάνεται είτε μέσω της οθόνης αφής είτε με φωνητική εντολή.

15. Το κάθισμα του χειρουργού είναι εργονομικά σχεδιασμένο, προκειμένου να του προσφέρει άνεση για μεγάλης διάρκειας χειρουργικές επεμβάσεις.

16. Κατά τη διάρκεια της επέμβασης οι βραχίονες που φέρουν το ενδοσκόπιο(εικ. 34) και τα εργαλεία διαμορφώνουν κάποια κλίση σε σχέση με το χειρουργικό τραπέζι, ο ευέλικτος σχεδιασμός του αποκλείει την ανάγκη να αναπροσαρμόσει ή να καλιμπράρει ξανά τους βραχίονες.



Εικόνα 34: Μικροσκοπικό ενδοσκόπιο.

17 .Με το πάτημα του πεντάλ μπορεί ο χειρουργός οποιαδήποτε στιγμή, να αφήσει τις χειρολαβές επιτρέποντας του έτσι να ηρεμήσει, να χαλαρώσει και να επανατοποθετήσει τα χέρια του.



Εικόνα 35: Το ρομποτικό χειρουργικό σύστημα Zeus σε λειτουργία. (Αριστερά ο χειρουργός στην κονσόλα ελέγχου και δεξιά οι ρομποτικοί βραχίονες “εκτελούν” την επέμβαση στον ασθενή).

18. Το σύστημα Zeus παρέχει την σημαντική δυνατότητα να αποθηκεύει τρεις διαφορετικές ενδοσκοπικές θέσεις και μπορεί γρήγορα και εύκολα να επιστρέψει σε αυτές.

19. Χρησιμοποιεί τεχνολογία Mirror redundancy για να διασφαλίσει την ασφάλεια του ασθενή.

6.1.3 ΤΟ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ZEUS (ΕΙΚ.35)

Αποτελείται από τρία βασικά μέρη

1. Μια εργονομική κονσόλα ελέγχου.
2. Το κεντρικό έλεγχο (ελεγκτής ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή). Ο χειρουργός κάθεται άνετα στη χειρουργική, κονσόλα και χειρίζεται τα εργαλεία που βρίσκονται μέσα στον ασθενή. Οι κινήσεις του χειρουργού αφού ψηφιοποιηθούν, φιλτράρονται, λεπτύνονται και μεταβιβάζονται στον ελεγκτή του ηλεκτρονικού υπολογιστή, ο οποίος μεταδίδει αυτές τις κινήσεις μέσω ενός ηλεκτρομηχανικού interface στους ρομποτικούς βραχίονες και στα εργαλεία. Το σύστημα επιτρέπει στο χειρουργό να πραγματοποιεί λεπτές επεμβάσεις MIS κάνοντας στον ασθενή τρεις μικρές οπές με διάμετρο όση η διάμετρος ενός μολυβιού. Το Zeus βελτιώνει επίσης την εικόνα του χειρουργικού πεδίου μεγεθύνοντας τη ενώ με τη βοήθεια του AESOP ελευθερώνονται τα χέρια του χειρουργού για να μπορεί να χειρίζεται τα χειρουργικά εργαλεία. Η αρχική έκδοση του συστήματος δεν παρείχε τρισδιάστατη αλλά δισδιάστατη ενδοσκοπική απεικόνιση. Η περιγραφή λειτουργίας του είναι ίδια με το ρομποτικό σύστημα da Vinci μόνο που η

κάμερα όπως ανέφερα παραπάνω ελέγχεται με φωνητικές εντολές και δεν χρησιμοποιεί ενδοσκοπικά εργαλεία τύπου EndoWrist. Πρόσφατο είναι το ρομποτικό σύστημα Zeus, τεχνολογίας MicroWrist, ελέγχει εργαλεία τύπου MicroWrist που παρέχουν ένα βαθμό ελευθερίας ακόμα στο Zeus αρχικά επικεντρώθηκε σε MIS καρδιάς κλινικά έχει εφαρμοστεί σε επεμβάσεις αορτοστεφανιαίας παράκαμψης (CABG- Coronary Artery Bypass Grafting) σε παλλόμενη και μη παλλόμενη καρδιά.

3. Και τους ρομποτικούς βραχίονες που κινούνται με την κίνηση του χεριού του χειρουργού.

Οφέλη:

- Μειώνει τον πόνο των ασθενών και να οδηγήσει σε μείωση της διάρκειας της νοσοκομειακής περιθαλψης.
- Αφαιρεί επιπλοκές μιας μηχανής καρδιάς-πνευμόνων.
- Εξαλείφει τον ανθρώπινο τρόπο στα χέρια βελτίωση ακρίβεια χειρουργού και την επιδεξιότητα.
- Μικροσκοπικό υψηλή, ηλεκτρικά ενδοσκόπιο βελτιώνει την απεικόνιση σε μορφή 2D/3D.
- Οι ρομποτικοί βραχίονες δεν υπέστη κόπωση.

Μειονεκτήματα του zeus

- Σχεδόν αδοκίμαστη τεχνολογία.
- Το κόστος του μηχανήματος περίπου ένα εκατομμύριο δολάρια
- Η έγκριση από το FDA είναι εκκρεμής.
- Οι γιατροί απαιτούν πρόσθετη εκπαίδευση.

6.1.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ DA VINCI-ZEUS

ΟΜΟΙΟΤΗΤΕΣ- ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ DA VINCI ΚΑΙ ZEUS

Με τη χρήση των ρομποτικών συστημάτων da Vinci και Zeus, επιτυγχάνονται τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

Μειώνεται σημαντικά ο συντελεστής κόπωσης καθώς ο χειρουργός είναι καθιστός κατά της διάρκεια της επέμβασης και δεν χρειάζεται να συγκρατεί συνεχώς τα εργαλεία.

Τα ρομποτικά εργαλεία ακολουθούν την κίνηση του χειρουργού ενώ φιλτράρεται το τυχόν τρέμουλο. Με τη λέπτυνση των κινήσεων που επιτυγχάνουν τα συστήματα μπορούν να εκτελέσουν μικροκινήσεις οι οποίες θα ήταν αλλιώς ανθρωπίνως αδύνατες,

Με τα ρομποτικά εργαλεία, οι τομές είναι ακόμα πιο μικρές από την κλασική MIS, με αποτέλεσμα λιγότερο τραύμα για τους ασθενείς και συνεπώς συντομότερος χρόνος ανάρρωσης.

Σημαντικές όμως είναι και οι διαφορές μεταξύ τους

Με το χειρουργικό σύστημα da Vinci και κατά τη διάρκεια της ενδοσκοπικής παρατήρησης ο χειρουργός έχει την εντύπωση ότι βρίσκεται μέσα στο χειρουργικό πεδίο χωρίς πιθανότητα της παραμικρής ενόχληση-απόσπασης από το εξωτερικό περιβάλλον ότι και αν συμβεί. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την εξαιρετική συνεργασία ματιού-χειριού, την έξοχη προοπτική βάθους κατά τη διάρκεια χειρισμού και ραφής των ιστών.

Αντίθετα από τις συμβατικές ενδοσκοπικές επεμβάσεις ή το σύστημα Zeus, ο χειρουργός κατά τη διάρκεια της επέμβασης εκτός από το χειρουργικό πεδίο μπορεί να δει όλο το δωμάτιο. Το ρομποτικό σύστημα Zeus προσφέρει κατά ένα τρόπο διαφορετικά χαρακτηριστικά σε ότι αφορά την απεικόνιση και τα εργαλεία. Παρότι το αρχικό μοντέλο Zeus δεν περιελάμβανε τρισδιάστατη απεικόνιση όπως το da Vinci, το μοντέλο αυτό παρέχει μια ψευδοτριστασιατη εικόνα με την βοήθεια ενός ζεύγους γυαλιών. Επίσης όσον αφορά τα εργαλεία δεν έχουν αρθρωτές απολήξεις και επιτρέπει κινήσεις που μοιάζουν με αυτές της λαπαροσκόπησης και όχι με της ανοικτής χειρουργικής που επιτρέπει το da Vinci.

Οι βραχίονες του da Vinci έχουν μεγάλο βάρος. Οι βραχίονες του Zeus είναι σχετικά ελαφριοί. Τα εργαλεία του da Vinci έχουν 7 DOF (μαζί με το πιάσιμο) ενώ του Zeus 6 DOF (μαζί με το πιάσιμο). Γι' αυτό και διαδικασίες όπως ράμματα ή δέσιμο κόμπου είναι ευκολότερες με το σύστημα da Vinci. Επίσης τα εργαλεία του da Vinci έχουν μεγαλύτερη διάμετρο (7 mm) από του Zeus (3.9 mm).

Το ρομποτικό σύστημα Zeus διαθέτει ανεπτυγμένη τεχνολογία αναγνώρισης φωνής που ελέγχει την ενδοσκοπική κάμερα ελευθερώνοντας τα χέρια του χειρουργού ενώ ο έλεγχος της κάμερας στο da Vinci γίνεται με πεντάλ που βρίσκεται στην κονσόλα ελέγχου.

Οι ρομποτικοί βραχίονες του Zeus στερεώνονται πάνω σε μια πλευρά του χειρουργικού τραπεζιού. Ενώ οι βραχίονες του da Vinci στέκονται δίπλα από το χειρουργικό κρεβάτι σαν ξεχωριστός τροχήλατος εξοπλισμός καταλαμβάνοντας αρκετό χώρο στο χειρουργικό δωμάτιο ακόμα και όταν δεν χρησιμοποιείται. Το da Vinci εγκρίθηκε από το FDA για να βοηθήσει σε εξελιγμένες χειρουργικές τεχνικές δηλαδή να εκτελεί χειρουργικά ράμματα και να κόβει ιστούς.

Το αρχικό μοντέλο Zeus εγκρίθηκε να εκτελεί εργασίες όπως πιάσιμο, συγκράτηση και αφαίρεση ιστών όμως δεν έχει εγκριθεί για κοπή και ραφή ιστών. Το Zeus τεχνολογίας Micro Wrist έχει κριθεί (Σεπτέμβριο 2002) κατάλληλο για εργασίες όπως ηλεκτροκαυτηριασμός, ραφή και κοπή ιστών. Όσον αφορά τη διάρκεια διάφορων επεμβάσεων (π.χ. λαπαροσκοπικής νεφρεκτομής, λαπαροσκοπικής επινεφριδεκτομής, λαπαροσκοπικής πυελοπλαστικής κ.α.), έρευνες σε ζώα έδειξαν ότι το da Vinci υπερτερεί. Για παράδειγμα ο συνολικός χρόνος μιας λαπαροσκοπικής νεφρεκτομής, με το σύστημα da Vinci διήρκεσε 51,3 λεπτά έναντι 71,6 λεπτά που διήρκεσε η επέμβαση με το ρομποτικό σύστημα Zeus. Ο πραγματικός χρόνος που διήρκεσε η επέμβαση ήταν 42,1 λεπτά αντί 61,4 λεπτά, συγκρινόμενο με το Zeus. Σε εργασίες όπως το δέσιμο κόμπων και η πραγματοποίηση ραμμάτων το σύστημα da Vinci είναι αρκετά γρηγορότερο από το Zeus, ενώ η ακρίβεια τους σε λεπτές εργασίες είναι παρόμοια. Το κόστος του ρομποτικού συστήματος da Vinci (1.000.000 \$) είναι μεγαλύτερο αν και δεν έχει μεγάλη διαφορά από το κόστος του συστήματος Zeus (975.000\$).

Παρόλα αυτά η γενική τους ιδέα είναι ίδια δύο ρομποτικοί βραχίονες ελέγχουν τα εργαλεία ενώ ένας τρίτος οδηγεί την κάμερα. Επίσης, προβλήματα μεταξύ των ρομποτικών βραχιόνων ή και μεταξύ των ρομποτικών βραχιόνων και του σώματος μπορούν να υπάρξουν σε μερικές περιπτώσεις και στα δύο συστήματα. Μελλοντική σμίκρυνση της αρχιτεκτονικής των ρομποτικών βραχιόνων θα λύσει αυτό το πρόβλημα.

Τα ηλεκτρονικά και των δύο συστημάτων επιτρέπουν την λέπτυνση, το φιλτράρισμα και την μεγέθυνση των κινήσεων. Και στα δύο συστήματα ένα βοηθός παραμένει δίπλα στον ασθενή μόνο για να αλλάζει τα διάφορα ρομποτικά εργαλεία (όταν πάρει την εντολή από το χειρουργό που εκτελεί την επέμβαση), τα οποία περιλαμβάνουν οδηγό βελόνας, αρπάγες, ηλεκτροχειρουργικά εργαλεία σε μορφή γάντζου, νυστέρια, ψαλίδια και για να αποκαταστήσει τυχόν βλάβες των ρομποτικών βραχιόνων.

Η εκμάθηση των συστημάτων αυτών θεωρείται σχετικά εύκολη. Και τα δύο ρομποτικά συστήματα (master-slave) έχουν ένα σοβαρό μειονέκτημα δεν μπορούν να μεταφέρουν την αίσθηση της δύναμης της αντίστασης (force feedback), της αφής (haptic Feedback) και ψηλάφησης (tactile feedback) των ιστών που διαχειρίζεται ο χειρουργός.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

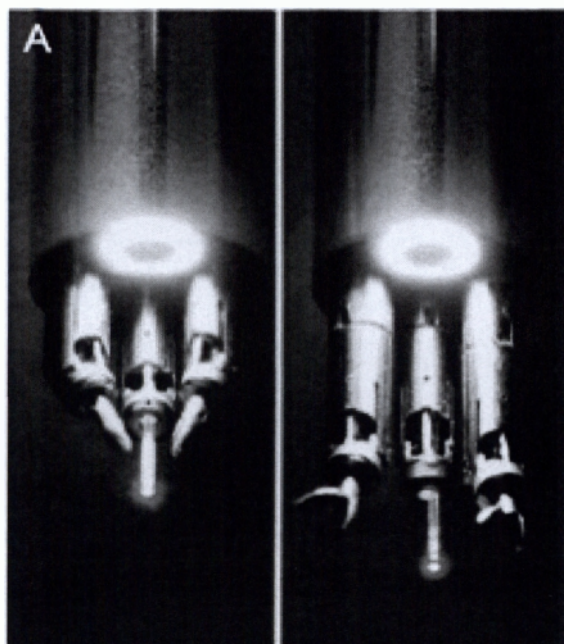
7.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

7.1.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ROBOT

Το πρώτο ρομποτικό σύστημα

Σύστημα Robot-Assisted Microsurgery (1995 – NASA, Washington DC)

Το RAMS ήταν το πρώτο (Εικ.36) ρομποτικό σύστημα που έμοιαζε με τα τωρινά



ομοειδή ρομποτικά μηχανήματα. Ήταν το πρώτο σύστημα που ήταν συμβατό με τους μαγνητικούς τομογράφους (MRI), καθώς ήταν σε θέση να αποκόβει με φιλτράρισμα τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που διαστρέβλωναν τις εικόνες. Αυτό ήταν σημαντικό, καθώς ο εγκέφαλος απεικονίζεται καλύτερα με την μαγνητική τομογραφία, αφού προσφέρει καλύτερες ανατομικές λεπτομέρειες για τους μαλακούς ιστούς. Η διεγχειρητική απεικόνιση μπορούσε πλέον να ενσωματωθεί πλήρως στο χειρουργείο αντίθετα από ότι συνέβαινε με το Minerva.

Εικόνα 36: Σύστημα ROBOT.

Το σύστημα βασίστηκε σε έλεγχο αφέντη-σκλάβου με 6 βαθμούς ελευθερίας, επιτρέποντας τρισδιάστατο χειρισμό, και δεν περιορίστηκε μόνο σε χωροταξικές επεμβάσεις. Μαζί με ρυθμιζόμενα φίλτρα για τον τρόπο των χειρών και την βαθμονόμηση της κίνησης (αύξηση επιδεξιότητας), ήταν σε θέση να βελτιώσει την ακρίβεια του χειρουργού και τα οφέλη της ρομποτικής χειρουργικής άρχιζαν να φαίνονται. Τα συστήματα της τωρινής αγοράς είναι εκπληκτικά πολύ παρόμοια στις ικανότητες τους με το RAMS.

7.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΝΕΥΡΟΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

7.2.1 PUMA 200



Το PUMA 200 (Εικ. 37) είναι ένα προγραμματιζόμενο, ελεγχόμενο από υπολογιστή ρομπότ που σχεδιάστηκε για να υποβοηθά το χειρουργό κατά τη διάρκεια επεμβάσεων νευροχειρουργικής. Παρέχει ακριβή, λεπτή εργασία και την απαιτούμενη σταθερότητα με τη βοήθεια στερεοτακτικού πλαισίου και εικόνων αξονικής τομογραφίας.

Εικόνα 37: Το σύστημα Puma 200.

Είναι ένα ασφαλές σύστημα με ειδικούς μηχανισμούς ασφαλείας για την περίπτωση μηχανικού ή ηλεκτρικού σφάλματος. Διαθέτει έξι βαθμούς ελευθερίας και οι κινήσεις του εκτελούνται από DC σερβοκινητήρες. Έχουν ακολουθήσει και νεότερες εκδόσεις του συστήματος.

Επεμβάσεις που εκτελεί το puma

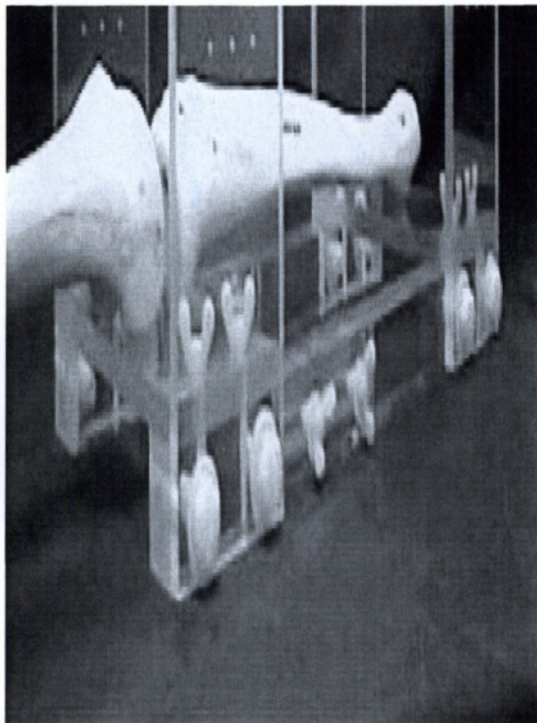
i. Διαδερματική Δισκεκτομή

Η επικουρική διαδικασία του ρομπότ αποτελείται από τρεις φάσεις: Στην πρώτη φάση, ο χειρουργός τοποθετεί την άκρη της βελόνας που βρίσκεται στον καρπό του ρομπότ, στην αφετηρία της εισαγωγής. Κατά τη διάρκεια της δεύτερης φάσης, ο χειριστής ρυθμίζει αυτόνομα τον προσανατολισμό της βελόνας στην προγραμματισμένη τιμή, και αρχίζει την κίνηση προς τον ιστό. Αυτή η κίνηση ελέγχεται από το χειρουργό σε μια θέση που προστατεύεται από τις ακτίνες X. Τέλος, όταν προσεγγίζεται ο δίσκος στόχος, η βελόνα ξεκλειδώνεται και ο χειριστής απομακρύνεται, αναλαμβάνοντας ο χειρουργός για να ολοκληρώσει τη διαδικασία.

ii. Οστεκτομή Γόνατος

Η προτεινόμενη ρομποτικά βοηθούμενη διαδικασία αποτελείται από τέσσερις φάσεις. Στην πρώτη φάση το άκρο είναι ακινητοποιημένο στην πλήρη επέκταση. Το ρομπότ βαθμονομείται (callibrated) σε σχέση με τον κλωβό και τον ασθενή, οδηγούμενο στις γνωστές και σημειωμένες θέσεις μέσα στο ενεργό πεδίο. Στη δεύτερη φάση οι δύο τυποποιημένες μετωπικές και πλευρικές φθοριοσκοπικές εικόνες του γόνατος μεταφέρονται στο PC, όπου γίνεται αντιστοίχιση για να υπολογιστούν η τρισδιάστατη θέση και τα μεγέθη των διαθέσιμων ανατομικών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων.

Η τρίτη φάση περιλαμβάνει το σχεδιασμό της οστεκτομής γόνατος (είτε κνημιαία είτε μηριαία) με διαδραστικό υπολογιστή στις αποκτηθείσες 2D εικόνες, τον αυτόματο υπολογισμό της τρισδιάστατης θέσης και της διάστασης της επιλεγμένης σφήνας, και την



προσομοίωση με υπολογιστές της αποκτηθείσας επανευθυγράμμισης με την απεικόνιση των κατάλληλων γραφικών προτύπων (Εικ.38). Το τελικό βήμα της διαδικασίας είναι η εισαγωγή των καλωδίων καθοδήγησης Kirschner στο οστό, που εκτελείται από το ρομπότ σύμφωνα με την προγραμματισμένη στρατηγική και υπό την παρακολούθηση της δύναμης και τον έλεγχο της θέσης. Η τελική εκτομή και η σταθεροποίηση εκτελούνται τότε, με τον τυποποιημένο τρόπο από το χειρουργό, όπως π.χ. σύμφωνα με την παραδοσιακή τεχνική του Κόβεντρυ.

Εικόνα 38: Κλωβός για βαθμονόμηση τρισδιάστατων ακτίνων X γόνατος.

Αποτελέσματα

Το PUMA 200 επιτρέπει στο χειρουργό για να ενεργοποιήσει το ρομπότ από απόσταση, για να αποφύγει την έκθεση στις ακτίνες X, και υποστηρίζει τη βαθμονόμηση των on-line cameras, για να αποτελέσουν τα κινητά imagers, όπως οι φθοριοσκοπικές συσκευές, που χρησιμοποιούνται στο χειρουργείο. Τα επιπλέον κέρδη που αποκομίζονται από το PUMA βασίζονται στις αναπτυγμένες σε πραγματικό χρόνο υπηρεσίες του PC και στις κινηματικές ρουτίνες που προέρχονται από το RCCL (Robot Control C Library). Οι

δοκιμές που πραγματοποιούνται μέχρι τώρα δείχνουν ότι ο ελεγκτής με τη βοήθεια του υπολογιστή είναι σε θέση να χειριστεί επιτυχώς τον έλεγχο θέσης και δύναμης PUMA, με ακρίβεια θέσης κάτω του χιλιοστού, σε έναν περιορισμένο χώρο εργασίας.

7.2.2 NEUROMATE

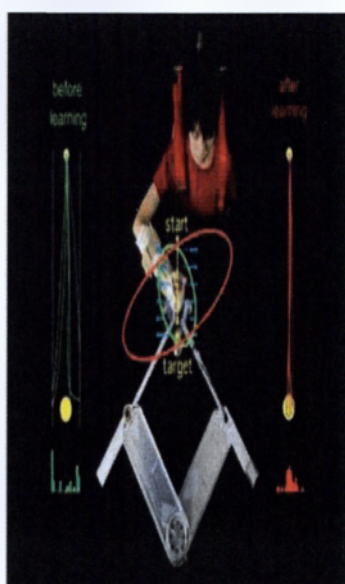
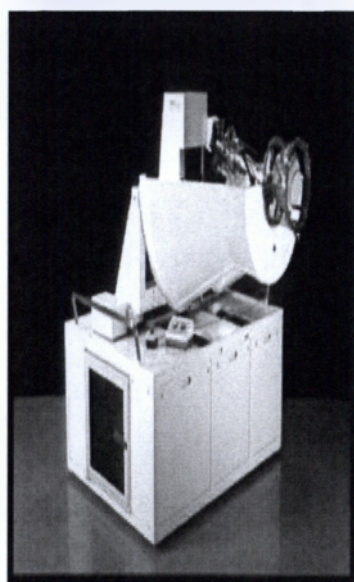
Το NeuroMate (Εικ.39), αποτελεί το πρώτο ρομποτικό σύστημα που έλαβε την έγκριση της FDA για πραγματοποίηση νευροχειρουργικών επεμβάσεων. Περιλαμβάνει έναν



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 είτε με απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού.

Εικόνα 39: Το σύστημα NeuroMate.

7.2.3 MINERVA



Το Minerva^[11](Εικ.40), διαθέτει συνολικά πέντε βαθμούς ελευθερίας: έναν κάθετο και έναν πλάγιο γραμμικό άξονα, δύο περιστροφικούς άξονες για την κίνηση σε οριζόντιο και κάθετο επίπεδο και έναν ακόμη γραμμικό άξονα για την κίνηση του εργαλείου από και προς το κεφάλι του ασθενούς.

Εικόνα 40: Το σύστημα Minerva.

¹¹ Σχεδιάστηκε το 1991 στο Πολυτεχνείο της Λωζάννης στην Ελβετία για την υποβοήθηση επεμβάσεων νευροχειρουργικής.

Το ρομπότ τοποθετείται πάνω σε έναν κινούμενο φορέα. Το στερεοτακτικό πλαίσιο αναφοράς είναι προσαρτημένο στο σκελετό του ρομπότ και συζευγμένο με το μηχανοκίνητο τραπέζι του αξονικού τομογράφου.

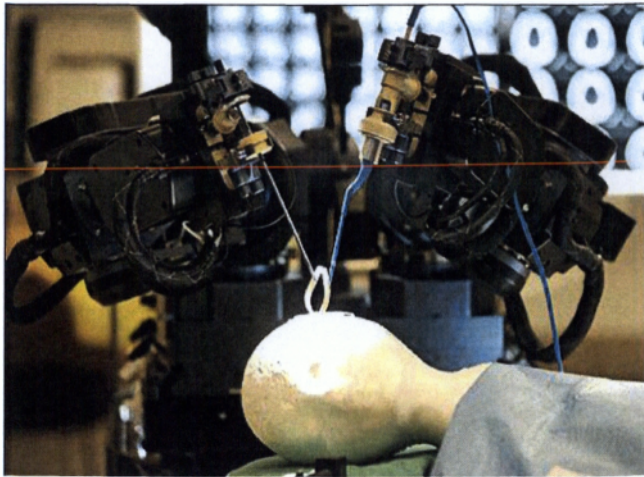
7.2.4 NEUROARM

Αν και υπάρχουν ρομποτικά συστήματα που μπορούν να εκτελέσουν καλά ορισμένα καθήκοντα, δεν υπάρχει ακόμα κανένα σύστημα που να μπορεί να εκτελέσει μια ολόκληρη σειρά νευροχειρουργικών διαδικασιών. Το πρόγραμμα NeuroArm (εικ.41), που κοστίζει 30 εκατομμύρια δολάρια, περιλαμβάνει όλα τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που ένας νευροχειρουργός χρειάζεται για να χειριστεί άμεσα οποιαδήποτε ενδοκρανιακή λειτουργία (με δεδομένους τους παρόντες τεχνικούς περιορισμούς). Σχεδιασμένο με βάση τη βιομίμηση, οι μετακινήσεις χεριών του ελεγκτή (αφέντης) αντιγράφονται από τους ρομποτικούς βραχίονες (σκλάβος) που κρατούν τα χειρουργικά εργαλεία. Το NeuroArm περιλαμβάνει 2 βραχίονες, κάθε ένα με 7 βαθμούς ελευθερίας, και ένα τρίτο βραχίονα με 2 κάμερες που παρέχουν στο χειρουργό τρισδιάστατη όραση. Το NeuroArm είναι σε θέση να πραγματοποιεί μικροχειρουργικές τεχνικές και χειρισμούς των μαλακών ιστών όπως η βιοψία, η μικροανατομή, η θερμοπηξία, η ανατομή με διαχωρισμό ιστών κατά μήκος φυσιολογικών σημείων διαχωρισμού χωρίς τομή, το να πιάνει ιστούς, ο καυτηριασμός, ο χειρισμός οργάνου για τη διατήρηση ανοικτών των χειλέων ενός τραύματος, ο καθαρισμός εργαλείων, τα λεπτά ράμματα, η αναρρόφηση, και ο χειρισμός των μικροψαλιδιών, των οδηγών βελόνων και των διπολικών λαβίδων.

Το τρίτο συστατικό του NeuroArm που το καθιστά μοναδικό είναι ο σταθμός εργασίας. Σε μία προσπάθεια να αντιγραφεί ο χειρουργικός χώρος, ο σταθμός εργασίας παρέχει στον χειρουργό 3 περιοχές ανατροφοδότησης: ήχο, όραση, και αφή. Το NeuroArm ενσωματώνει επίσης χαρακτηριστικά ασφάλειας όπως η αποκοπή με φίλτράρισμα του τρόμου των χεριών, οι διακόπτες ασφαλείας που αποτρέπουν ατυχήματα λόγω κίνησης και οι αισθητήρες δύναμης που παρέχουν την αίσθηση της αφής. Με έναν συνδυασμό διεγχειρητικού μαγνητικού τομογράφου και καθοδηγητικών δεικτών, το NeuroArm μπορεί επίσης να προγραμματίσει τα όρια του χειρουργικού πεδίου κατά τη διάρκεια του προεγχειρητικού προγραμματισμού. Οι ρομποτικοί βραχίονες κατασκευάζονται από τιτάνιο και από polyetheretherketone^[12] επειδή έχουν τη μικρότερη διαστρέβλωση εικόνας.

¹² πλαστικό πολυμερές.

Το σύστημα καθοδήγησης εικόνας του NeuroArm είναι τόσο προηγμένο που ο χειρουργός μπορεί να προσομοιώσει τη διαδικασία σε εικονική πραγματικότητα εκ των προτέρων. Ο



σταθμός εργασίας περιλαμβάνει έναν επεξεργαστή, ελεγκτές χεριών για τους ρομποτικούς βραχίονες, χειριστήριο ελεγκτή για τις κάμερες και τα φώτα, 3 διαφορετικές οθόνες και καταγραφείς. Η οθόνη βίντεο παρουσιάζει μια τρισδιάστατη στερεοσκοπική όψη για να δώσει στο χειρουργό αίσθηση του βάθους.

Εικόνα 41: Το σύστημα neuroArm.

7.2.5 NEUROBOT



Το NeuRobot (Εικ.42) ήταν το πρώτο σύστημα που πραγματοποίησε τηλεχειριζόμενη χειρουργική επέμβαση μέσω ενός ενδοσκοπίου. Το ενδοσκόπιο των 10 χιλιοστών περιείχε μία λαβίδα ιστού, μια κάμερα, μια πηγή φωτός και ένα laser. Οι ερευνητές αφαίρεσαν έναν όγκο από έναν ασθενή και απέδειξαν ότι το σύστημα ήταν ακριβέστερο και λιγότερο επεμβατικό από τις παραδοσιακές μεθόδους.

Εικόνα 42: Ρομποτικό σύστημα NeuRobot.

7.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΟΡΘΟΠΕΔΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

7.3.1 CRIGOS

Χειρουργικό σύστημα CRIGOS (Compact Robot system for Image-Guided Orthopedic Surgery). Το CRIGOS (Εικ.43) είναι ένα σχέδιο σε εξέλιξη από την βιοϊατρική κοινότητα για την κατασκευή μικρών και οικονομικών ρομπότ σχεδιασμένα ειδικά για



χειρουργείο. Τα παρόντα συστήματα όπως το RoboDoc και το CASPAR χρησιμοποιούν ρομπότ βασισμένα σε εργοστασιακά ρομπότ. Οι επιστήμονες και οι μηχανικοί που συμμετέχουν στο σχέδιο GRICOS έχουν ως στόχο το σχεδιασμό μικρών, φτηνών και αποστειρωμένων ρομπότ καθώς και του συνοδευόντος λογισμικού και των συστημάτων προεγχειρητικής πλοήγησης για συγκεκριμένες εγχειρήσεις.

Εικόνα 43: Χειρουργικό σύστημα CRIGOS.

Η ορθοπεδική χειρουργική με χρήση υπολογιστών αναπτύσσεται γρήγορα και γίνεται όλο και πιο ευρέως αποδεκτή. Με την βελτίωση των ψηφιακών χειρουργικών συστημάτων έχει λαμπρό μέλλον στο χειρουργικό πεδίο.

7.3.2 ROBODOC

Το ROBODOC(εικ.40), είναι το πρώτο ρομποτικό σύστημα που χρησιμοποιήθηκε σε χειρουργικές επεμβάσεις ορθοπεδικής. 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. Αποτελείται από δύο υποσυστήματα, το σύστημα προεγχειρητικού σχεδιασμού ORTHODOC και το σύστημα χειρουργικής υποβοήθησης ROBODOC^[13]. Το χειρουργικό σύστημα RoboDoc αποτελείται από το OrthoDoc, ένα εργαλείο προεγχειρητικής σχεδίασης και το RoboDoc,

¹³ Το RoboDoc αναπτύχθηκε από την Integrated Surgical Systems τη δεκαετία του 1980 και χρησιμοποιείται σε νοσοκομεία στην Ευρώπη. Ενώ το RoboDoc(εικ.9.7.2) ακόμα αναμένει την έγκριση από την FDA στις ΗΠΑ, το σύστημα χρησιμοποιείται σε περισσότερα από 35 νοσοκομεία στην Ευρώπη.

ένα χειρουργικό εργαλείο. Ήταν το πρώτο που χρησιμοποιήθηκε σε ολικές αντικαταστάσεις ισχίου και η χρήση του τώρα επεκτάθηκε στην αναθεώρηση αντικατάστασης ισχίου και την ολική αντικατάσταση γονάτου.



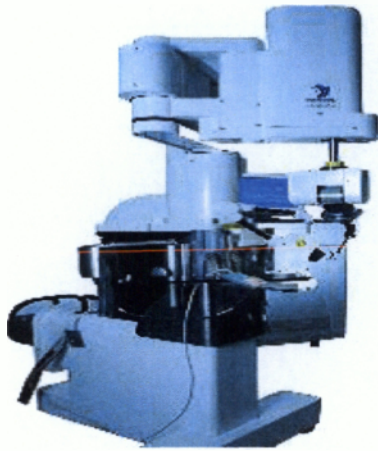
Κατά τη διάρκεια της εγχείρησης, ο χειρουργός ελέγχει το ρομπότ μέσω ενός τερματικού που κρατά στα χέρια του. Το ρομπότ οδηγείται χειροκίνητα στην επιθυμητή θέση από τον χειρουργό. Μόλις το τελικό στοιχείο δράσης μεταφερθεί στην επιλεγμένη θέση, το RoboDoc κόβει το οστό αυτόματα.

Εικόνα 44: Το χειρουργικό σύστημα RoboDoc εν δράση.

Ο χειρουργός μπορεί να δει μέσα στο οστό και να παρακολουθήσει τη θέση του ρομποτικού κόπτη μέσα στο οστό μέσω μιας οθόνης πραγματικού χρόνου. Μόλις ολοκληρωθεί το κόψιμο, ο χειρουργός συνεχίζει την κανονική χειροκίνητη διαδικασία. Το RoboDoc έχει δύο κύρια πλεονεκτήματα σε σχέση με την χειροκίνητη επέμβαση.

Πρώτον, το μηριαίο θυλάκιο σχηματίζεται με μεγαλύτερη ακρίβεια. Δεύτερον, ο προεγχειρητικός σχεδιασμός με τα δεδομένα από την υπολογιστική τομογραφία επιτρέπει στον χειρουργό να βελτιστοποιεί το μέγεθος του εμφυτεύματος και την τοποθέτηση για κάθε ασθενή.

Μολαταύτα, το σύστημα RoboDoc έχει δύο έμφυτα μειονεκτήματα. Πρώτον, η διαδικασία της καταχώρισης απαιτεί την χρήση καρφίτσων καταχώρισης στην επιφάνεια του οστού. Μια τραυματική διαδικασία τοποθέτησης των καρφίτσων και μια αργή διαδικασία εύρεσης των καρφίτσων για την καταχώριση απαιτούνται. Δεύτερον, μια πολύπλοκη και χρονοβόρα μέθοδος χρησιμοποιείται για τη στερέωση του μηριαίου οστού στη βάση του ρομπότ. Οι γιατροί χρειάζονται από τρεις εβδομάδες έως τρεις μήνες για να νιώσουν άνετα με αυτό το σύστημα και οι ασθενείς εκφράζουν θετική άποψη για τη χρήση του ρομπότ. Στα περιστατικά όπου χρησιμοποιείται το RoboDoc παρατηρείται μείωση του χρόνου νοσηλείας στο ένα τρίτο.



Εικόνα 45: Χειρουργικό σύστημα RoboDoc

7.3.3 ACROBAT



Η εταιρεία Acrobat^[14] (Εικ. 46), που αποτελεί και το βασικό της προϊόν, είναι ένα ημιενεργό ρομποτικό σύστημα για τη χειρουργική επέμβαση γονάτων. Η συσκευή δεν κινείται αυτόνομα, παρόλο που θα μπορούσε να προγραμματιστεί για κάτι τέτοιο. Αντιδρά στις κινήσεις του χειρουργού, ο οποίος κρατά μία λαβή προσαρτημένη στη συσκευή. Το σύστημα υποβοηθά την κίνηση όποτε ο χειρουργός μετακινεί ένα εργαλείο διάτρησης οστού στην περιοχή του γονάτου του ασθενούς για να αφαιρέσει το κόκκαλο αλλά και τον αποτρέπει παράλληλα είτε να κινηθεί έξω από τη συγκεκριμένη περιοχή ασφαλείας είτε να κόψει πάρα πολύ κόκκαλο.

Εικόνα 46: Χειρουργικό σύστημα Acrobat.

Το Acrobat ανήκει σε μία κατηγορία προϊόντων που είναι γνωστά και ως χειρουργικά συστήματα πλοήγησης (navigation systems). Προσφέρει ένα σημαντικό πλεονέκτημα σε σχέση με τα υπόλοιπα συστήματα της κατηγορίας διότι παρέχει εργαλεία

¹⁴ Ιδρύθηκε το 1999 ως spin-out εταιρεία του Imperial College στο Λονδίνο.

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 περιλάμβαναν επτά ολικές αντικαταστάσεις γονάτου. Η πιο πρόσφατη έκδοση του συστήματος περιλαμβάνει τα ακόλουθα υποσυστήματα:

i. Acrobot Modeller

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.

ii. Acrobot Planner

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

iii. Acrobot Navigator (Εικ. 47)

Αποτελεί ένα μοναδικό, καθαρά μηχανικό σύστημα, και για το λόγο αυτό δεν παρουσιάζει τα μειονεκτήματα 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 Acrobot Navigator 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 Acrobot Planner. Η επίσημη παρουσίαση του Acrobot Navigator έγινε το 2007.

Εικόνα 47: Ο Acrobot Navigator.

iv. *Acrobot Sculptor*

Το σύστημα αυτό επιτρέπει σε έναν χειρουργό να περιορίζει το κόψιμο 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 πού, πότε και πόσο οστό θα κόψει. Η παρουσίαση της συσκευής αναμένεται να γίνει μέσα στο 2009 καθώς βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης.

7.3.4 *CASPAC*

Χειρουργικό σύστημα CASPAR^[15] (Computer Assisted Surgical Planning and Robotics). Χρησιμοποιείται κυρίως για εγχειρήσεις γονάτου. Μια επέμβαση με το CASPAR (Εικ.48) αποτελείται από τέσσερις διακριτές φάσεις. Πρώτα, εκτελείται μια



εγχείρηση για την εισαγωγή καρφίτσων σε διάφορες τοποθεσίες γύρω από το γόνατο. Η επέμβαση απαιτεί τοπική και ολική αναισθησία και μια κνημιαία καρφίτσα τοποθετείται 8 με 10 εκατοστά πάνω και κάτω από την άρθρωση του γονάτου. Αυτή η επέμβαση απαιτείται για την καταχώριση και για την δημιουργία σημείων αναφοράς. Έπειτα, εκτελείται σάρωση με υπολογιστική τομογραφία για να ανευρεθούν προεγχειρητικά δεδομένα και απεικονίσεις του γονάτου.

Εικόνα 48: Το χειρουργικό σύστημα CASPAR εν δράση.

Ο χειρουργός μπορεί στη συνέχεια να προβεί στον προεγχειρητικό σχεδιασμό με τα δεδομένα. Συνήθως αυτή η φάση περιλαμβάνει την μέτρηση των σωλήνων του μηριαίου οστού και της κνήμης σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον. Τέλος, το ρομποτικό μηχανήμα μπορεί να τρυπήσει τους σωλήνες υπό την επίβλεψη του χειρουργού. Το σύστημα

¹⁵ Το CASPAR είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα που αναπτύχθηκε από την γερμανική εταιρεία OrthoMaquet.

CASPAR προσφέρει τρύπημα ακριβείας των σωλήνων που δεν μπορεί να επιτευχθεί από ανθρώπινα χέρια. Επίσης, η υπολογιστική τομογραφία επιτρέπει τον προεγχειρητικό σχεδιασμό και δίνει στους χειρουργούς την ευκαιρία να βελτιστοποιήσουν την επέμβαση. Παρόλα ταύτα, το σύστημα παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα: αυξημένο κόστος, αυξημένο χρόνο εγχείρησης και μια πρόσθετη εγχείρηση για την εμφύτευση καρφίτσων.

7.4 ΡΟΜΠΟΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΔΟΣΚΟΠΗΣΗΣ

7.4.1 Το σύστημα AESOP



Το ρομποτικό σύστημα AESOP^[16] (Automated Endoscopic System for Optimal Positioning) αποτέλεσε το πρώτο προϊόν της εταιρείας Computer Motion Inc. Το σύστημα αυτό αποτελείται από έναν μοναδικό ρομποτικό βραχίονα που σχεδιάστηκε για να κρατάει την ενδοσκοπική κάμερα κατά τη διάρκεια ελάχιστα επεμβατικών εγχειρήσεων. Το σύστημα AESOP (Εικ.49) αποτελεί στην ουσία ένα τρίτο “χέρι” για τον χειρουργό, καθώς ο βραχίονάς του τον απαλλάσσει από την ανάγκη για χειροκίνητο χειρισμό της λαπαροσκοπικής κάμερας.

Εικόνα 49: Το σύστημα AESOP

Ο χειρισμός του συστήματος γίνεται με τη βοήθεια πεντάλ ποδιού, γεγονός που συνέβαλλε στην εξάλειψη των προβλημάτων από το φυσικό τρόπο των χεριών του χειρουργού. Αν και τα πεντάλ αυτά ήταν εύκολα στο χειρισμό για τους καλά εκπαιδευμένους χειρουργούς, αποτελούσαν πρόβλημα για τους νέους χρήστες καθώς αυτοί έπρεπε να κοιτούν συνεχώς κάτω μέχρι να μπορέσουν να προσαρμοσθούν. Η επόμενη έκδοση του προϊόντος, το σύστημα AESOP 2000 που κυκλοφόρησε το 1996, χρησιμοποιούσε εντολές φωνητικού ελέγχου. Αυτό επέτρεπε στο χειρουργό να χρησιμοποιεί φωνητικές εντολές (αντί για πεντάλ ή χειριστήρια) για τον ακριβή έλεγχο της θέσης του λαπαροσκόπιου και την επίτευξη σταθερότερης εικόνας του χειρουργικού πεδίου. Το σύστημα αυτό διέθετε και πιο εξελιγμένο ελεγκτή που ικανοποιούσε τις

¹⁶ Με έδρα την Καλιφόρνια των Η.Π.Α. και κυκλοφόρησε τον Οκτώβριο του 1994.

απαιτήσεις απόδοσης και ηλεκτρικής συμβατότητας της Ευρωπαϊκής Κοινότητας. Μία κλινική, συμβουλευτική ομάδα από διακεκριμένους καρδιοχειρουργούς συνεργάστηκε στενά με την Computer Motion καθόλη τη διάρκεια ανάπτυξης της τελευταίας έκδοσης AESOP 3000. Ο έξυπνος αυτός ρομποτικός βραχίονας προσέγγιζε τη μορφή και τη λειτουργία του ανθρώπινου βραχίονα, επιτρέποντας στους χειρουργούς με τις ακριβείς κινήσεις του να εκτελούν ελάχιστα επεμβατικές εγχειρήσεις στη θωρακική κοιλότητα. Το σύστημα αυτό διέθετε έναν επιπλέον βαθμό ελευθερίας στο ρομποτικό του βραχίονα, ενώ μία πιο εξελιγμένη έκδοσή του, το AESOP HR (Hermes Ready), είχε τη δυνατότητα δικτύωσης με άλλες “έξυπνες” συσκευές μέσω του κέντρου ελέγχου Hermes.

7.4.2 Το σύστημα EndoAssist

Το EndoAssist^[17] αποτελείται από έναν αποσπώμενο ρομποτικό βραχίονα ειδικά σχεδιασμένο για να κρατάει μία κλασική λαπαροσκοπική κάμερα κατά τη διάρκεια ελάχιστα επεμβατικών εγχειρήσεων. Το σύστημα είναι προγραμματισμένο να ανιχνεύει τις κινήσεις του κεφαλιού του χειρουργού και να κατευθύνει την κάμερα σύμφωνα με αυτές. Για το λόγο αυτό ο χειρουργός φοράει έναν ειδικό, ελαφρύ κεφαλόδεσμο στον οποίο έχει προσαρτηθεί ένας ασύρματος πομπός υπέρυθρων. Η κίνηση του κεφαλιού του ανιχνεύεται από τη μονάδα του δέκτη, η οποία και τη μετατρέπει σε κίνηση του ρομπότ.



Εικόνα. 50: Το σύστημα EndoAssist.

Οι κινήσεις του ρομποτικού βραχίονα (και συνεπώς και της λαπαροσκοπικής κάμερας) εκτελούνται μόνο όταν ο χειρουργός έχει ταυτόχρονα πατημένο ένα ειδικό πεντάλ, επιτρέποντας έτσι σε αυτόν να κινείται ελεύθερα τον υπόλοιπο χρόνο. Το EndoAssist έχει τη δυνατότητα να κινείται σε τρεις άξονες. Η προετοιμασία του συστήματος πριν από την επέμβαση απαιτεί λιγότερο από 2 min. Το EndoAssist (Εικ.50) μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις διαδικασίες της ελάχιστα επεμβατικής χειρουργικής, την καρδιο και θωρακοχειρουργική, τη γενική χειρουργική, τη βαριατρική και την ουρολογική χειρουργική. Εντούτοις, τα πλεονεκτήματά του γίνονται εμφανή σε

¹⁷ Κυκλοφόρησε το 1998 από τη βρετανική εταιρεία Armstrong Healthcare (σήμερα ProSurgics).

επεμβάσεις όπου η τοποθέτηση του λαπαροσκόπιου απαιτεί ιδιαίτερη ακρίβεια, όπως είναι π.χ. η αποκατάσταση της μιτροειδούς βαλβίδας και η ριζική προστατεκτομή.

7.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΠΟΝΔΥΛΙΚΗΣ ΣΤΗΛΗΣ

7.5.1 SPINE-ASSIST



Το SpineAssist Robot, μεγέθους ίσο με ένα κουτάκι αναψυκτικού, ήταν το πρώτο εγκεκριμένο από το FDA ρομποτικό σύστημα για χειρουργικές επεμβάσεις σπονδυλικής στήλης. Η συσκευή καθοδηγείται από απεικόνιση και τοποθετείται άμεσα στη σπονδυλική στήλη για την ακριβέστερη τοποθέτηση των εργαλείων και για λιγότερο επεμβατική χειρουργική επέμβαση.

Εικόνα 51: Μέρος του ανθρώπου που χρησιμοποιείται spine-assist.

Χειρουργικός βοηθός για την σπονδυλική στήλη

Σπονδυλοδεσία είναι μια χειρουργική επέμβαση που εκτελείται για παράδειγμα, να ισιώσει η σπονδυλική στήλη και την αποτροπή περαιτέρω παραμόρφωση λόγω σκολίωση ή άλλες διαταραχές, να υποστηρίξουν μια αποδυναμωμένη ή τραυματισμού της σπονδυλικής στήλης, ή για να μειωθεί ή να αποφευχθεί ο πόνος από το τσιμπημένο ή τραυματισμένα νεύρα. Παρά το γεγονός ότι σύντηξης της σπονδυλικής στήλης συνδέεται με ένα υψηλό ποσοστό επιτυχίας, εμφύτευμα μετατόπιση είναι ανησυχητικά υψηλά, έως το 25% για τις παρεμβάσεις που αφορούν την σκολίωση, σύμφωνα με ορισμένες πηγές. Κακή τοποθέτηση σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο νευρικών και αγγειακών επιπλοκών, καθώς και κάκωση στο νωτιαίο μυελό μεμβράνης.

Spine Assist ρομπότ:

SpineAssist (Εικ.51) είναι ένα ειδικά σχεδιασμένο ρομπότ σύστημα καθοδήγησης που επιτρέπει χειρουργούς να εκτελούν πιο ασφαλείς και πιο ακριβείς χειρουργικές επεμβάσεις σπονδυλικής στήλης. Για τους ασθενείς, αυτό σημαίνει καλύτερα κλινικά αποτελέσματα με λιγότερο πόνο, λιγότερες επιπλοκές και μικρότερο χρόνο αποκατάστασης.

SpineAssist έχει στηνκαθημερινή χρήση σε κορυφαία νοσοκομεία μεχιλιάδες επιτυχείς περιπτώσεις σε όλο τον κόσμο.



SpineAssist μεταμορφώνουν εγχείρηση στην πλάτη με την προώθηση του χειρουργικές τεχνικές από ελεύθερο μέθοδος για (state-of-the art), καθοδηγούμενη διαδικασίες.

Εικόνα 52: (The SpineAssist system allows absolute precision in open and minimally invasive surgeries). Το SpineAssist σύστημα επιτρέπει απόλυτη ακρίβεια στις ανοικτές και ελάχιστα επεμβατικής χειρουργικής.

Παρέμβαση με την spine-assist:

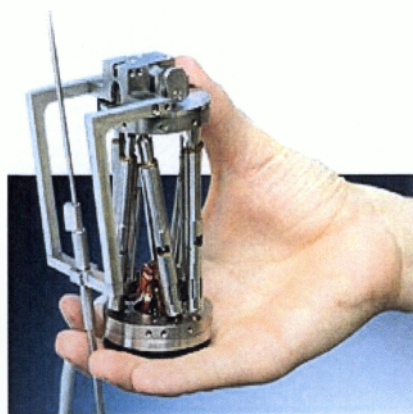
Η παρέμβαση με τη SpineAssist αποτελείται από πέντε βήματα:

1. προεγχειρητικό σχεδιασμό βασίζεται σε μια αξονική τομογραφία της σπονδυλικής στήλης του ασθενούς,
2. άκαμπτο σταθεροποίηση του SpineAssist πλατφόρμα για σπονδυλική στήλη του ασθενούς βαθμονόμησης θέσης από ταιριάζουν σε ένα ακτινοσκοπική εικόνα του οστού καλαθοφόρο με την CT-εικόνα από την προεγχειρητική σχέδιο,
3. άκαμπτο τρόπο τοποθέτησης του SpineAssist ρομπότ με την πλατφόρμα,ο βραχίονας οδηγός ρομπότ είναι τώρα έτοιμη να τοποθετηθεί αυτόματα κατά την ακριβή τοποθεσία,

4. χρησιμεύει ως κατευθυντήριο εργαλείο όταν τα τρυπάνια χειρουργό ή εκτελεί κάποια άλλη παρέμβαση σχετικά με το κόκαλο.

5. από σήμερα, έχουν κλινικά χρησιμοποιούνται σε περισσότερες από 250 περιπτώσεις.

Οφέλη: Ελάχιστη επεμβατική χειρουργική (MIS) είναι ένα από τα πιο σημαντικά τάσεις στον ιατρικό κλάδο συσκευή. Τα οφέλη από μια ελάχιστη επεμβατική διαδικασία είναι δυνητικά πολλά: μια μικρότερη τομή - και μικρότερη ουλή - μειώνει τον κίνδυνο λοίμωξης και αιμορραγία. Λιγότερο πόνο και το τραύμα, καθώς και η μειωμένη διάρκεια παραμονής στο νοσοκομείο και ο χρόνος αποκατάστασης είναι άλλα πλεονεκτήματα που υποκινούν τη βιομηχανία ιατρικών συσκευών για την ανάπτυξη συνεχώς νέα μέσα που υποστηρίζουν MIS.



Εικόνα 53: Το SpineAssist είναι λογισμικό για επεξεργασία εικόνας και προ-χειρουργικών σχεδιασμό.

Με την SpineAssist σπονδυλική παρέμβαση σύντηξη μπορεί να γίνει με μόνο μια-δυο μικρές τομές σε σύγκριση με το ανοιχτό χειρουργείο όπου μια μεγάλη τομή προκαλεί δυνητικά πιο μυϊκή βλάβη. Το μικροσκοπικό μέγεθος των ρομπότ να μην χρειάζονται «οπτική επαφή» και υψηλή ακρίβεια του απλοποιεί τη χειρουργική επέμβαση και θα ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο για την κακή τοποθέτηση της βίδας. Δεδομένου ότι το ρομπότ έχει συνδεθεί με άκαμπτη σύνδεση με τον ασθενή, δεν υπάρχει ανάγκη για παρακολούθηση σύστημα συντεταγμένων. Η διαδικασία χρησιμοποιώντας την SpineAssist (εικ.53) απαιτεί μόνο λίγες ακτινοσκοπική εικόνες, προσθέτοντας μειωμένη έκθεση σε ακτινοβολία για τον χειρουργό και τον ασθενή ως ένα σημαντικό όφελος.

Η ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ SPINE ASSIST



Το σύστημα επιτρέπει SpineAssist (Εικ.54) χειρουργούς να θέσει με ακρίβεια τα εμφυτεύματα με μειωμένη έκθεση σε ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης. Το σύστημα αποτελείται από μια μικροσκοπική συσκευή που τοποθετεί πάνω στη σπονδυλική στήλη του ασθενούς, καθώς και ένα σταθμό εργασίας λειτουργεί προηγμένο χειρουργική λογισμικό προγραμματισμού.

Εικόνα 54: SPINE-ASSIST (υποβοηθούμενη ρομποτική συσκευή).

Ένα ευρύ φάσμα του νωτιαίου εγχειρήσεις απαιτούν την τοποθέτηση των εμφυτευμάτων, όπως η σπονδυλοδεσία, kyphoplasty και translaminal στερέωση έκφραση.

Η ακριβής τοποθέτηση των εμφυτευμάτων απαιτείται ως εμφυτεύματα τοποθετούνται κοντά στο νωτιαίο μυελό, διακλάδωση ρίζες νεύρων, και τα μεγάλα αιμοφόρα αγγεία. Επιπλέον, η ακριβής τοποθέτηση θα εξασφαλίσει τη μεγαλύτερη πιθανότητα επιτυχίας στις χειρουργικές επεμβάσεις. Σήμερα, η τοποθέτηση του εμφυτεύματος επιτυγχάνεται κατά κύριο λόγο μέσω του ελεύθερου τεχνικές, και ανάλογα με την τεχνική ή και την πολυπλοκότητα της υπόθεσης, μπορεί να απαιτήσει ένα μεγάλο αριθμό ακτινοσκοπικής εικόνες (X-ray), για να εξασφαλιστεί η ακρίβεια της τοποθέτησης. Το λογισμικό SpineAssist επιτρέπει στους χειρουργούς να εκτελέσει 3D, CT-με βάση τον προεγχειρητικό σχεδιασμό σε έναν προσωπικό υπολογιστή με δική τους εξυπηρέτηση πριν από το χειρουργείο. Χρησιμοποιώντας ένα εικονικό κατάλογο χειρουργικά εμφυτεύματα, οι χειρουργοί μπορούν να δουν και εμφυτεύματα θέση σε κάθε σπόνδυλο ή του δίσκου σε τρία επίπεδα: AP, εγκάρσια και αξονική. Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό στο λογισμικό χρησιμοποιείται για να επανεξετάσει το κομμάτι σχεδιασμού με φέτα στη σειρά. Το λογισμικό υποστηρίζει ένα φάσμα μετρήσεων, συμπεριλαμβανομένων γωνίας Cobb, λόρδωση και κύφωση. Ο χειρουργός μπορεί να δει μια προσομοίωση της διόρθωσης σχεδιάζουν, το οποίο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε παραμόρφωση και σκολίωσης περιπτώσεις. Το λογισμικό υπολογίζει, επίσης, το μήκος ράβδου και την καμπυλότητα. Ο σταθμός εργασίας χρησιμοποιείται για να ελέγξει την ακριβή κίνηση των μικροσκοπικών

συσκευών στην προσχεδιασμένη θέση. Η SpineAssist χρησιμοποιεί μικροσκοπικά ρομποτικής τεχνολογίας και είναι το μέγεθος και το σχήμα του μια σόδα μπορεί. Τα μίνι συσκευή είναι εξασφαλισμένα με μια πλατφόρμα: Η TM Hover-T για ελάχιστα επεμβατικές και μόνο ή διαδικασίες σε πολλαπλά επίπεδα ή ένα σφιγκτήρα και της γέφυρας για τις ανοικτές διαδικασίες.

ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ SPINE ASSIST

Σε τακτά εγχείρηση, ο χειρουργός χρειάζεται ένα άμεσο οπτικό πεδίο παρατήρηση του πεδίου, που σημαίνει δημιουργώντας μια τομή αρκετά μεγάλη για να εκθέσει τη σπονδυλική στήλη. Σε ελάχιστα επεμβατική χειρουργική επέμβαση, ο χειρουργός κάνει μικρές τομές ώστε να επιτρέπουν είτε "κλειδί- τρύπα" απεικόνιση του πεδίου λειτουργίας ή μέσω επαναυλίξεως του δέρματος και των υποκείμενων ιστών για να εκθέσουν τη σπονδυλική στήλη.

7.6 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΚΑΡΔΙΑ

7.6.1. INCH-WORM

Το ρομποτικό σύστημα *inch-worm* (*active autonomous*) που χρησιμοποιείται για επέμβαση στην καρδιά:



Εικόνα 55: Inchworm.

Ένα ρομποτικό *inch-worm* (Εικ.55) μπορεί να γλιστρήσει κάτω από το στέρνο ενός ασθενή και να κινείται γύρω από την επιφάνεια της καρδιάς. Χρησιμοποιώντας τα μαξιλάρια αναρρόφησης για να εμμείνει στην επιφάνεια της καρδιάς, όπου να χρησιμοποιηθεί για να εγχύσει κύτταρα αντικατάστασης, να εμφυτεύσει ηλεκτρόδια ή να θέσει διακλαδώσεις για να αποκαταστήσει τη ροή αίματος στις φραγμένες στεφανιαίες αρτηρίες.

Επειδή, η συσκευή επισυνάπτεται στην καρδιά, η ανάγκη να αντισταθμιστεί η μετακίνηση της καρδιάς ελαχιστοποιείται. Το σώμα του πρωτοτύπου αποτελείται από δύο πόδια πολυανθράκων, κάθε ένα με μισή ίντσα διάμετρο και ένα μαξιλάρι αναρρόφησης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την συγκράτηση των ιστών. Τα πόδια ευθυγραμμίζονται, το ένα μπροστά από το άλλο και συνδέονται με τρία καλώδια τα οποία γλιστρούν πίσω από το ρομπότ και από το σώμα για να συνδέσουν με τις εξωτερικές μηχανές. Η συσκευή κινείται όπως ένα σκουλήκι προχωράει το πίσω πόδι, σταματά προχωράει το μπροστά και από την αρχή. Ο χειρουργός ελέγχει την κίνηση χρησιμοποιώντας ένα πηδάλιο που καθοδηγείται από μια τηλεοπτική κάμερα κοιτάζοντας μέσω μιας οπτικής ίνας που συνδέεται με ένα πόδι από μόλυβδο. Η συσκευή είναι αρκετά μικρή και μπορεί να εισαχθεί στο σώμα μέσω ενός σωλήνα διαμέτρου $\frac{3}{4}$ ίντσας. Επειδή το σημείο εισόδου δεν είναι απαραίτητο να παρέχει μια άμεση άποψη της καρδιάς, για την είσοδο χρησιμοποιείται το κατώτατο σημείο του στέρνου.

7.7. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΑΝΤΙΝΟΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗ

7.7.1. Στερεοτακτική ακτινοχειρουργική

Η στερεοτακτική ακτινοχειρουργική είναι μία εξειδικευμένη ακτινοθεραπευτική τεχνική με την οποία ακτίνες φωτονίων κατευθύνονται προς έναν στερεοτακτικά προσδιορισμένο στόχο και καταστρέφοντάς τον είναι σαν να επιτυγχάνεται αναίμακτη εγχείρηση. Αποτελεί έναν διεθνή όρο που χρησιμοποιήθηκε αρχικά για την αντιμετώπιση παθήσεων και όγκων του εγκεφάλου. Η στερεοτακτική ακτινοχειρουργική μπορεί πλέον, εκτός του εγκεφάλου, να αντιμετωπίσει παθολογικές καταστάσεις και σε άλλα όργανα του ανθρώπινου σώματος με την ίδια εξαιρετική ακρίβεια με την οποία αντιμετωπιζόνταν παλαιότερα προβλήματα μόνο στην κρανιακή περιοχή.

Ο όρος “στερεοτακτική” σημαίνει ότι όλοι οι παράμετροι της θεραπείας υπολογίζονται και στις τρεις διαστάσεις του χώρου (άξονες x,y,z). Με τη βοήθεια τρισδιάστατης απεικόνισης, ο στόχος-όγκος μελετάται και στη συνέχεια σχεδιάζεται με ακρίβεια η ακτινοβόλησή του, σε σχέση πάντοτε και με τους παρακείμενους υγιείς ιστούς. Η χρήση του όρου “ακτινοχειρουργική” γίνεται κατ’εμφημισμό, καθώς η επέμβαση εκτελείται στην πραγματικότητα με ακτίνες και όχι με νυστέρι, επιτυγχάνοντας έτσι την αναίμακτη και με εξαιρετική ακρίβεια καταστροφή βιολογικών στόχων (κακοήθειες ή παθολογικούς ιστούς) χωρίς την πρόκληση βλαβών σε γειτονικούς φυσιολογικούς ιστούς. Η ακτινοχειρουργική αποτελεί αποδεδειγμένα μία αποτελεσματική μέθοδο, εναλλακτική

τόσο της χειρουργικής αντιμετώπισης όσο και της συμβατικής ακτινοθεραπείας για την αντιμετώπιση πολλών τύπων νεοπλασιών καθώς και αρκετών άλλων παθολογικών διαταραχών. Το 1967 επινοήθηκε¹⁸ και κατασκευάστηκε το πρώτο μηχάνημα στερεοτακτικής ακτινοχειρουργικής, το Gamma Unit I το οποίο αργότερα εξελίχθηκε στο Gamma Knife, έχουν δημιουργηθεί μέχρι σήμερα τέσσερις τεχνικές που χρησιμοποιούν μηχανήματα τριών τύπων με διάφορες παραλλαγές υλικού και λογισμικού, ανάλογα με τις εταιρείες¹⁹ παραγωγής τους .

7.7.2 CYBERKNIKE: Ακτινοχειρουργικό σύστημα



Εικόνα 56: Cyberknife.

Το CyberKnife είναι ένα καινούργιο και εντελώς πρωτοποριακό σύστημα ρομποτικής ιατρικής. Δημιουργήθηκε για τη θεραπευτική αντιμετώπιση παθολογικών καταστάσεων τόσο στο κεφάλι όσο και στο υπόλοιπο σώμα του ανθρώπου χρησιμοποιώντας Ρομποτική Τεχνολογία που καλείται “Στερεοτακτική Ακτινοχειρουργική υπό Απεικονιστική Καθοδήγηση” (Image-Guided Stereotactic Radiosurgery).

Το CyberKnife είναι το πρώτο και μοναδικό σύστημα ρομποτικής ακτινοχειρουργικής οδηγούμενης από εικόνα που σχεδιάστηκε για θεραπείες σε όλο το σώμα με εξαιρετική ακρίβεια (σφάλμα < 1mm) και έχει λάβει αντίστοιχη έγκριση από τον Αμερικανικό Οργανισμό FDA. Είναι ένα state-of-the-art κομμάτι του εξοπλισμού που επιτρέπει στους ογκολόγους ειδικός για τη θεραπεία όγκων και άλλες παθήσεις ανώδυνα χωρίς την ανάγκη για μια πράξη.

Στερεοτακτική ακτινοχειρουργική είναι μια εξειδικευμένη ακτινοθεραπευτική πράξη, με την οποία κατευθύνουμε ακτίνες φωτονίων προς ένα στερεοτακτικά προσδιορισμένο στόχο και καταστρέφονάς τον είναι σαν να χειρουργούμε αναίμακτα. Είναι διεθνής όρος (Stereotactic RadioSurgery - SRS) που αρχικά χρησιμοποιήθηκε για αντιμετώπιση προβλημάτων και όγκων εγκεφάλου. Τώρα πλέον, το CyberKnife μπορεί να

¹⁸ Ο Σουηδός νευροχειρουργός Lars Leksell.

¹⁹ Gamma Knife, X-Knife, IMRT, CyberKnife.

αντιμετωπίσει παθολογικές καταστάσεις εκτός του εγκεφάλου και σε άλλα όργανα του ανθρωπίνου σώματος, με την ίδια μεγάλη ακρίβεια όπως παλαιότερα αντιμετωπιζόντουσαν προβλήματα μόνο στο κρανίο.

Ο όρος «Στερεοτακτική» εννοεί ότι όλοι οι παράμετροι της θεραπείας υπολογίζονται και στις τρεις διαστάσεις του χώρου (άξονες X, Y, Z). Έτσι ο στόχος – μάζα – πρόβλημα, απεικονίζεται, μελετάται και σχεδιάζεται να ακτινοβοληθεί με τρισδιάστατη απεικόνιση στο χώρο (3 Dimensions – 3D) και σε σχέση του με τους παρακείμενους ιστούς-όργανα. Ακτινοχειρουργική ονομάζεται κατ' ευφημισσμό, γιατί 'χειρουργούμε' με ακτίνες αντί με χειρουργικό νυστέρι κι έτσι επιτυγχάνουμε αναίμακτα και με μεγάλη ακρίβεια τη καταστροφή βιολογικών στόχων (κακοήθειες ή παθολογικούς ιστούς), χωρίς να προκαλέσουμε βλάβη σε γειτονικούς φυσιολογικούς ιστούς. Αυτή η 'μη αιματηρή χειρουργική επέμβαση', είναι αποδεδειγμένα μια αποτελεσματική μέθοδος εναλλακτική τόσο της χειρουργικής αντιμετώπισης, όσο και της συμβατικής ακτινοθεραπείας για την αντιμετώπιση πολλών τύπων νεοπλασιών καθώς και αρκετών άλλων παθολογικών διαταραχών.

Βασικά μέρη:

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 ανθρωπίνου σώματος με ακρίβεια κάτω του χιλιοστού. Αποτελείται από τα ακόλουθα βασικά μέρη:

1. Ένα μικρών διαστάσεων και ειδικών προδιαγραφών γραμμικό επιταχυντή 6MV με ρυθμό δόσης 600MU/min.
2. Ένα ρομποτικό βραχίονα με έξι βαθμούς ελευθερίας. Ο βραχίονας κατευθύνεται και ελέγχεται από υπολογιστή με μέγιστο σφάλμα απόκλισης 0.2 χιλ.
3. Σύστημα ψηφιακής ακτινογραφίας το οποίο καθοδηγεί το ρομπότ.
4. Ένα ειδικά σχεδιασμένο τραπέζι θεραπείας.
5. Σύστημα σχεδιασμού θεραπείας με σύγχρονους υπολογιστές και εξελιγμένο λογισμικό.

Τρόπος λειτουργίας του cyberknife:

Το CyberKnife 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. Μετά τη τοποθέτηση του ασθενούς στο κρεβάτι του συστήματος και σε θέση θεραπείας, λαμβάνονται δύο ψηφιακές ακτινογραφίες με γωνία 90 μοιρών μεταξύ τους και το σύστημα βρίσκει τη στερεοτακτική θέση του στόχου που έχουμε προγραμματίσει να ακτινοβολήσουμε. Μόλις χαρτογραφηθεί ακριβώς η θέση του στόχου και γίνει αποδεκτή από τους υπεύθυνους ιατρούς, ο ρομποτικός βραχίονας κινείται και μαζί του και ο Γραμμικός Επιταχυντής, λαμβάνοντας θέση ακτινοβολήσεως όπως έχει καθορίσει το εκπονηθέν σχέδιο θεραπείας. Μια νέα ψηφιακή λήψη επιβεβαιώνει, ότι δεν υπήρξε μετακίνηση του στόχου ούτε χλίστο και τότε δίνεται η πρώτη δέσμη από το Γραμμικό Επιταχυντή. Η δεύτερη, τρίτη κλπ. δέσμες 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, αυτόματα γίνονται διορθώσεις ώστε να συνεχίσει την επικέντρωση της θεραπείας στο στόχο, όπως στο προσχεδιασμένο πλάνο. Το σύστημα είναι σε θέση να αντισταθμίσει τη μετακίνηση του ασθενή και του στόχου χρησιμοποιώντας ακτινογραφικές εικόνες σε πραγματικό χρόνο, που συσχετίζονται με τις ακτινογραφικές εικόνες του σχεδιασμού θεραπείας, για να καθορίζει τη θέση ασθενών και όγκων επανειλημμένα σε όλη τη διαδικασία θεραπείας. Τελικά, δίδεται μια υψηλή δόση ακτινοβολίας με ακρίβεια συγκρίσιμη και ανώτερη με άλλες βασισμένες σε πλαίσιο ακινητοποίησης συσκευές ακτινοχειρουργικής, προφυλάσσοντας συγχρόνως τον γύρο φυσιολογικό ιστό. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του ότι δεν περιορίζεται σε ισοκεντρική θεραπεία, αλλά οι πολλές και από διάφορες κατευθύνσεις δέσμες του μπορούν να καλύψουν οποιοδήποτε σχήμα στόχου – όγκου όσο παράξενο και ακανόνιστο κι αν είναι, κάνει το CyberKnife να μπορεί να αντιμετωπίσει όγκους ή άλλες παθολογικές εστίες που άλλα συστήματα ακτινοχειρουργικής δεν θα μπορούσαν. Το CyberKnife χρησιμοποιεί μολύβι δέσμες ακτινοβολίας που μπορεί να κατευθυνθεί σε οποιοδήποτε μέρος του σώματος από οποιαδήποτε κατεύθυνση μέσω ενός ρομποτικού βραχίονα. Ο ρομποτικός βραχίονας παρακολουθεί τη θέση του όγκου, ανιχνεύει οποιαδήποτε κίνηση του όγκου ή ασθενούς, καθώς και διορθώνει αυτόματα τη θέση του πριν στόχευση του όγκου με

πολλαπλές δέσμες ακτινοβολίας υψηλής ενέργειας, καταστρέφοντας παθολογικού ιστού χωρίς επιζήμιες γύρω περιοχές.

Η θεραπεία είναι τόσο ακριβές ότι είναι τώρα δυνατό για τη θεραπεία όγκων που παλαιότερα θεωρούνταν εκτός λειτουργίας. Αν και τα αποτελέσματα της θεραπείας δεν πρέπει πάντα να προβάλλονται αμέσως, στις περισσότερες περιπτώσεις η διαδικασία θα σταματήσει αρχικά την ανάπτυξη των όγκων πριν από τη σταδιακή μείωση του μεγέθους τους. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει ανοικτή χειρουργική επέμβαση, οι επιπλοκές που συνήθως συνδέονται με μια πράξη έχουν καταργηθεί, όπως και η ανάγκη για μεγάλο χρονικό διάστημα αποκατάστασης. Το γεγονός αυτό καθιστά τη θεραπεία κατάλληλη για εκείνους που δεν είναι αρκετά καλά για να αντιμετωπίσουν τις παρενέργειες της χειρουργικής επέμβασης και οι περισσότεροι ασθενείς αφήσει την κλινική την ίδια μέρα με τη θεραπεία τους.

Πλεονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα του CyberKnife είναι ότι:

- Δίνει τη δυνατότητα να εκτελεσθεί ακτινοχειρουργική σε όλο το σώμα για προβλήματα που χρειάζονται αντιμετώπιση με ακτινοβολία και όχι μόνο στον εγκέφαλο.
- Δεν απαιτεί εφαρμογή κρανιακού πλαισίου όταν ο στόχος μας είναι στο κρανίο.
- Η ακρίβεια κεντροθέτησης (στοχοθέτηση) της βλάβης είναι μικρότερη του ενός χιλιοστού τόσο για τον εγκέφαλο και τη σπονδυλική στήλη όσο και για το υπόλοιπο σώμα.
- Δίνει τη δυνατότητα ελέγχου του στόχου και της επικέντρωσης της θεραπευτικής δέσμης σε πραγματικό χρόνο, καθ' όλη τη διάρκεια της θεραπείας, επειδή χρησιμοποιεί το προηγμένο σύστημα 'απεικονιστικής καθοδήγησης' (Image-Guided Stereotactic Radiosurgery).
- Έχει τη δυνατότητα να διορθώνει την κατεύθυνση της δέσμης θεραπείας κατά τη διάρκεια της θεραπείας, σε σχέση με τυχόν μικρο μετακινήσεις του ασθενή.
- Η ευελιξία που έχει, δίνει στο CyberKnife τη δυνατότητα σχεδιασμού της θεραπείας, από ένα μεγάλο εύρος πιθανών πλάνων θεραπείας περιλαμβάνοντας forward ή inverse πλάνο.
- Μπορεί να ακτινοβολήσει περιοχές οποιουδήποτε σχήματος χωρίς περιορισμό. Τη δυνατότητα αυτή την παίρνει επειδή δεν κάνει μόνο ισοκεντρική θεραπεία αλλά

κατευθύνει δέσμες ακτίνων προς ένα στόχο, από διάφορες πλευρές που έχουν επιλεγεί κατά την εκπόνηση του πλάνου θεραπείας και εκτελεί το ρομπότ.

- Τα προγενέστερα συστήματα ακτινοχειρουργικής επιτρέπουν θεραπείες με συγκεκριμένο ισόκεντρο, που είναι μεν αποτελεσματικές για σφαιρικούς όγκους αλλά για ανώμαλης μορφής μάζες μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντική ανομοιογένεια της κατανομής της δόσης. Αυτό μπορεί να επιφέρει υπό ή υπέρ δοσολογία τόσο στην υπό θεραπεία περιοχή όσο και στους γύρο φυσιολογικούς ιστούς. Τελικά τα πιθανά αποτέλεσμα είναι αφενός η μη σωστή θεραπεία στην παθολογική εστία (υπο δοσολογία) αφετέρου η επιβλαβής χορήγηση μεγαλύτερης δόσης θεραπείας σε ορισμένους ιστούς (υπερδοσολογία).

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

Βασικά τοποθέτησης

Για ορισμένους ασθενείς, μικροσκοπικοί μεταλλικοί δείκτες (fiducials) πρέπει να τοποθετηθούν εντός ή πλησίον του όγκου πριν από τη έχοντας συσκευή ακινητοποίησης τους. Αυτό είναι γενικά διαδικασία «υπόθεση ημέρας» και γίνεται μία εβδομάδα πριν από τη θεραπεία σάρωσης.

Προετοιμασία ασθενούς

Ανάλογα με το όργανο που έχει πρόβλημα και που θα γίνει η θεραπεία, πρέπει πρώτον να υπάρχει σχετική ακινησία της περιοχής και δεύτερον εντοπισμός του στόχου. Για το πρώτο, (σχετική ακινησία) όταν πρόκειται για θεραπεία στο κεφάλι ή τράχηλο, κατασκευάζεται από θερμοπλαστικό μία κλασική μάσκα σταθεροποίησης, ενώ για θεραπείες στο υπόλοιπο σώμα γίνεται μία κατασκευή μείωσης των κινήσεων (αφρώδες στρώμα). Η διαδικασία είναι αναίμακτη και μη επεμβατική. Για το δεύτερο (τον εντοπισμό του στόχου), υπάρχει απόλυτος ψηφιακός προσανατολισμός του συστήματος για την περιοχή του κεφαλιού και όλης της Σπονδυλικής Στήλης βάσει των οστών της περιοχής, ενώ για άλλα όργανα, χρειάζεται η τοποθέτηση κοντά στο πρόβλημα - όγκο, εξειδικευμένων 'δεικτών αναφοράς' (fiducials - markers) μεγέθους 5 χιλ. για τη στόχευση με απόλυτη ακρίβεια. Η τοποθέτηση γίνεται συνήθως στον αξονικό τομογράφο με τοπική αναισθησία.

Συσκευή

Πριν από τη σάρωση, θα πρέπει να γίνει προσαρμοσμένη συσκευή ακινητοποίησης. Αυτό θα επιτρέψει να είναι σε μια άνετη και αναπαραγώγιμη θέση για τη θεραπεία. Η διαδικασία είναι γρήγορη και ανώδυνη.

Σάρωση

Περίπου μία εβδομάδα πριν από τη θεραπεία, θα έχουν σαρώσει την επαλήθευση της μέγεθος, το σχήμα και τη θέση του όγκου. Αυτό μπορεί να είναι μια CT, PET-CT ή μαγνητική τομογραφία, ανάλογα σχετικά με τις κλινικές ενδείξεις.

Σχεδιασμός

Αυτό το βήμα διαρκεί περίπου μία εβδομάδα, αλλά δεν θα χρειαστεί να είναι παρόν ο ασθενής. Ο γιατρός ογκολόγος θα αναπτύξει ένα σχέδιο θεραπείας, προσαρμοσμένες στις ανάγκες σας. Η σχέδιο θεραπείας θα τους επιτρέψει να επιφέρουν την επιδιωκόμενη δόση ακτινοβολίας για την ελαχιστοποίηση του όγκου, χωρίς βλάβες σε υγιείς ιστούς.

Θεραπεία

Κατά τη διάρκεια της θεραπείας θα βρίσκονται αναπαυτικά σε ένα ειδικά σχεδιασμένο τραπέζι θεραπείας. Η διαδικασία είναι ανώδυνη και μη επεμβατική και γενικά παίρνει μεταξύ 30 και 90 λεπτά. Η θεραπεία συνήθως ολοκληρώνεται σε μία έως πέντε επισκέψεις.

Τέλος

Στη συνέχεια θα πραγματοποιηθεί σάρωση μήνες μετά τη θεραπεία για να αξιολογηθεί ανταπόκριση του όγκου του στη διαδικασία.

Τα οφέλη για τον ασθενή

Τα οφέλη για τον ασθενή είναι ότι:

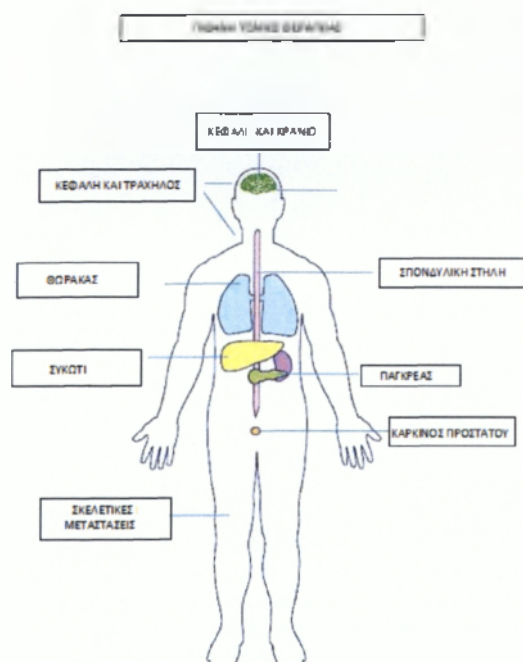
1. Δεν απαιτείται εφαρμογή κρανιακού πλαισίου ακινητοποίησης .
2. Δεν γίνεται καμία τομή ή σημάδι στο δέρμα .
3. Ελάχιστος έως μηδενικός κίνδυνος μολύνσεων .
4. Ανύπαρκτος κίνδυνος αιμορραγίας ή απώλειας αίματος .

5. Ο κίνδυνος για τους υγιείς και γειτονικούς με τη βλάβη ιστούς ελαχιστοποιείται λόγω της ακρίβειας της δέσμης .
6. Χαμηλότερος κίνδυνος επιπλοκών όταν συγκρίνεται με άλλες θεραπευτικές μεθόδους.
7. Ελάχιστη χρονική περίοδος αποκατάστασης .
8. Η θεραπεία μπορεί να γίνει και σε όγκους που λόγω θέσεως δεν επιδέχονται χειρουργική επέμβαση .
9. Λιγότερη ταλαιπωρία και πόνος .
10. Λιγότερες επισκέψεις στο νοσοκομείο .
11. Δεν απαιτείται νοσηλεία γιατί γίνεται σε βάση εξωτερικού ασθενή .
12. Καλύτερη ποιότητα ζωής κατά τη διάρκεια και μετά τη θεραπεία.

Οι τομείς που χρησιμοποιείται το Cyberknife

Το CyberKnife δίνει τη δυνατότητα στερεοτακτικής ακτινοχειρουργικής σε ενδοκρανιακές παθήσεις (αγγειακές δυσπλασίες, μηνιγγειώματα, ακουστικά νευρινώματα, νευραλγίες τριδύμου, κακοήθεις και καλοήθεις όγκους, αδενώματα υποφύσεως κ.α.) χωρίς τη χρήση μεταλλικού πλαισίου ακινητοποίησης.

Το CyberKnife είναι σε θέση να αντιμετωπίσει θεραπευτικά προβλήματα που χρειάζονται ακτινοθεραπεία σε όλο το σώμα. Αναφέρονται ενδεικτικά οι περιοχές (Εικ. 57) και τα όργανα που διεθνώς γίνεται Ακτινοχειρουργική με CyberKnife:



Εικόνα 57: Τα ανθρώπινα σημεία που χρησιμοποιεί το cyberknife.

- 1.Κεφαλή και τράχηλος
- 2.Αγγειακές δυσπλασίες,Μηνιγγειώματα,Ακουστικά νευρινώματα
- 3.Νευραλγία τριδύμου, Αρχικοί και υποτροπιάζοντες καλοήθεις ή κακοήθεις όγκοι εγκεφάλου, Αδενώματα Υποφύσεως, Όγκοι Ρινοφάρυγγος
- 4.Σπονδυλική Στήλη
- 5.Όγκοι Σπονδυλικής στήλης καλοήθεις ή κακοήθεις – πρωτοπαθείς ή μεταστατικοί, Αγγειακές δυσπλασίες
- 6.Θώρακας
- 7.Νεοπλάσματα πνεύμονος - πρωτοπαθή ή μεταστατικά
- 8.Κοιλιακή Χώρα
- 9.Νεοπλάσματα ήπατος πρωτοπαθή ή μεταστατικά, Νεοπλάσματα παγκρέατος, Όγκοι επινεφριδίων
- 10.Ουρολογικά
- 11.Καρκίνος προστάτου
- 12.Άλλοι όγκοι και παθολογικές εστίες οπουδήποτε στο σώμα, όπου η ακτινοθεραπεία είναι ενδεδειγμένη.

Το CyberKnife είναι το πρώτο σύστημα που έχει λάβει έγκριση από το FDA (U.S. Food and Drug Administration) για στερεοτακτική ακτινοχειρουργική σε οποιοδήποτε σημείο του σώματος (κρανιακές & εξωκρανιακές εφαρμογές).

Η ακρίβεια του μηχανήματος

Η ακρίβεια της θεραπείας είναι καθοριστικός παράγων και πιθανώς το σημαντικότερο χαρακτηριστικό γνώρισμα της ακτινοχειρουργικής. Η μέθοδος επικέντρωσης που χρησιμοποιεί το CyberKnife αντιπροσωπεύει μια μοναδική πρόοδο, πολύ πέρα από τα παλαιότερα συστήματα ακτινοχειρουργικής που βασιζόντουσαν στο πλαίσιο που ήταν βιδωμένο στο κρανίο του ασθενούς ή το πλαίσιο που εξαρτιόταν από το στοματικό αποτύπωμα της άνω γνάθου. Τώρα με τη χρησιμοποίηση των ψηφιακών ακτινογραφικών εικόνων της περιοχής θεραπείας με τα ανατομικά χαρακτηριστικά της ή των εμφυτευμένων δεικτών για την εντόπιση τη θέσης ενός στόχου, το CyberKnife εξαλείφει την ανάγκη για ένα στερεοτακτικό πλαίσιο.

Οι προδιαγραφές του μηχανήματος

Το CyberKnife αποτελείται από 6 βασικά μέρη αυτά είναι:

- Ένας μικρών διαστάσεων και ειδικών προδιαγραφών γραμμικός επιταχυντής 6 MV με ρυθμό δόσεως 600 MU/min (Monitor Units per minute).
- Ένας ρομποτικός βραχίονας με δυνατότητα κινήσεων σε έξι άξονες (6 βαθμοί ελευθερίας), ώστε να είναι δυνατή οποιαδήποτε κατεύθυνση της δέσμης των ακτίνων στο χώρο.
- Σύστημα ψηφιακής ακτινογραφίας (image - guided) το οποίο καθοδηγεί το ρομπότ άρα και τη δέσμη για την παρακολούθηση της κίνησης του ασθενούς άρα και του στόχου (όγκου ή άλλης παθολογικής εστίας) για να γίνει αυτόματα η ανάλογη διόρθωση των παραμέτρων (Dynamic Tracking και Synchrony).
- Ειδικά σχεδιασμένο τραπέζι θεραπείας.
- Σύστημα σχεδιασμού θεραπείας με σύγχρονους και ισχυρούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές αλλά και εξελιγμένο λογισμικό με πολλές και μεγάλες δυνατότητες.
- Το ειδικό σύστημα 'Synchrony' που αποτελείται από συσκευές και λογισμικό και χρησιμοποιείται για θεραπείες σε όργανα που μετακινούνται κατά την αναπνευστική λειτουργία (πνεύμονας, ήπαρ, πάγκρεας, κτλ).

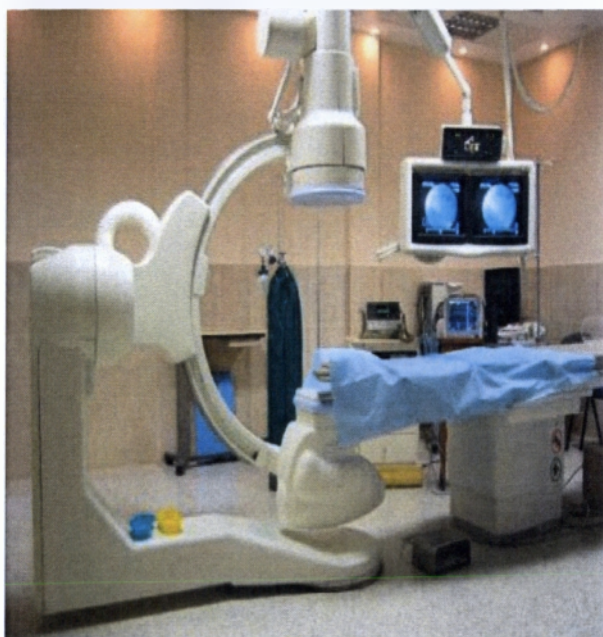
ΟΙ ΥΠΕΥΘΥΝΟΙ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

Η εφαρμογή και η επιτυχία της θεραπείας βασίζεται στη στενή συνεργασία μεταξύ του χειρουργού (νευροχειρουργού όταν πρόκειται για πρόβλημα εγκεφάλου και σπονδυλικής στήλης ή ιατρού αντίστοιχης ειδικότητας του πάσχοντος οργάνου όταν έχουμε να αντιμετωπίσουμε εξωκρανιακό πρόβλημα), του εξειδικευμένου ακτινοθεραπευτού ογκολόγου, του ειδικά εκπαιδευμένου ακτινοφυσικού, του έμπειρου

τεχνολόγου ακτινοθεραπείας καθώς και του νοσηλευτή - νοσηλεύτριας. Αυτή η ειδικευμένη ομάδα είναι αρμόδια για την επιλογή των ασθενών που θα αντιμετωπιστούν με στερεοτακτική ακτινοχειρουργική CyberKnife^[20], το σχεδιασμό, τη χορήγηση θεραπείας, καθώς και τον επανέλεγχο του ασθενούς σε τακτά χρονικά διαστήματα. Το πρώτο CyberKnife εγκαταστάθηκε το 1994 στο Πανεπιστήμιο Stanford στο San Francisco στην Καλιφόρνια των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής και άρχισε η κλινική εφαρμογή και εμπειρία. Ακολουθώντας όλες τις εξελίξεις στη ρομποτική, την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών αλλά οποιασδήποτε προόδου στην αστροναυτική και στρατιωτική τεχνολογία (ψηφιακή ανάλυση στόχου, κατεύθυνση δέσμης από εικόνα κλπ) σήμερα έχουμε το CyberKnife σειρά G4 που είναι η πλέον σύγχρονη και εξελιγμένη μορφή του.

Υπάρχουν διάφορα μηχανήματα ή τεχνικές εφαρμογής «στερεοτακτικής ακτινοχειρουργικής»

Ο Σουηδός Νευροχειρουργός Lars Leksell επινόησε και κατασκεύασε το πρώτο μηχάνημα Στερεοτακτικής Ακτινοχειρουργικής (το Gamma Unit I το οποίο εξελίχθηκε στο Gamma Knife), μέχρι σήμερα έχουν δημιουργηθεί τέσσερις τεχνικές που χρησιμοποιούν τριών τύπων μηχανήματα με διάφορες παραλλαγές ανάλογα με τις εταιρείες παραγωγής τους (hardware & software).



Εικόνα 58: Ακτινοβολία cyberknife.

Πρώτη (χρονολογικά): το "Gamma Knife" που είναι μηχάνημα ειδικής κατασκευής και χρησιμοποιεί 'ακτινοβολία γάμα' προερχόμενη από 201 ραδιενεργές πηγές Κοβαλτίου.

Δεύτερη: το "X - Knife" (προφέρεται ιξ νάϊφ) που αποτελείται από ένα Γραμμικό Επιταχυντή ο οποίος χρησιμοποιείται για κλασσική ακτινοθεραπεία και με κάποια ειδική προσαρμογή μετατρέπεται σε μηχάνημα Ακτινοχειρουργικής (Εικ.58).

²⁰ Η πρώτη δημοσίευση με την ιδέα του CyberKnife έγινε το 1991 από τους Guthrie & Adler που είχε τίτλο 'Computer-assisted pre-operative planning, interactive surgery and frameless stereotaxy' και δημοσιεύτηκε στο Clinical Neurosurgery, Vol.38, p.112-131.

Εδώ η χρησιμοποιούμενη ακτινοβολία είναι του Γραμμικού Επιταχυντή δηλαδή ακτίνες X υψηλής ενέργειας.

Τρίτη: η Ακτινοθεραπεία με μεταβαλλόμενη Ενταση Πεδίο (Intensity Modulated Radiation Therapy - IMRT) η οποία είναι συνδυασμός ενός κλασσικού Γραμμικού Επιταχυντή και εξελιγμένου λογισμικού (software) με ισχυρούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Έχει αρκετούς περιορισμούς στη εκτέλεση Ακτινοχειρουργικής, όμως μπορεί να καλύψει κάποια περιστατικά.

Τέταρτη: το CyberKnife που είναι ένας συνδυασμός Γραμμικού Επιταχυντή και ρομπότ. Ένας τελευταίας τεχνολογίας μικρός σε διαστάσεις αλλά πολύ υψηλού ρυθμού δόσεως Γραμμικός Επιταχυντής, στερεωμένος στο βραχίονα ενός απόλυτα ελεγχόμενου από ηλεκτρονικούς υπολογιστές ρομποτικού συστήματος, εκπέμπει λεπτή δέσμη φωτονίων υψηλής ενέργειας κατευθυνόμενη με απόλυτη ακρίβεια προς τον επιλεγέντα στόχο.

Cyberknife vs gamma knife

Gamma Knife (Εικ. 59)

-Άκαμπτη ακινητοποίηση η οποία να αποτρέπει τη μετακίνηση της κεφαλής χρησιμοποιώντας ένα ελαφρύ πλαίσιο κεφάλι στερεοτακτική το οποίο να στερεώνεται στο εξωτερικό κρανίο.



-Παρέχει ακριβή MR και CT αντιστοιχίας από σχεδιασμό μέχρι την παράδοση θεραπείας σε 3D.

Εικόνα 59: Ακτινοβολία.

-Η Θεραπεία που διατυπώθηκε κατά τη διάρκεια μιας συνόδου. Στόχος η θέση αυτή επιβεβαιώνεται 10 φορές ανά δευτερόλεπτο.

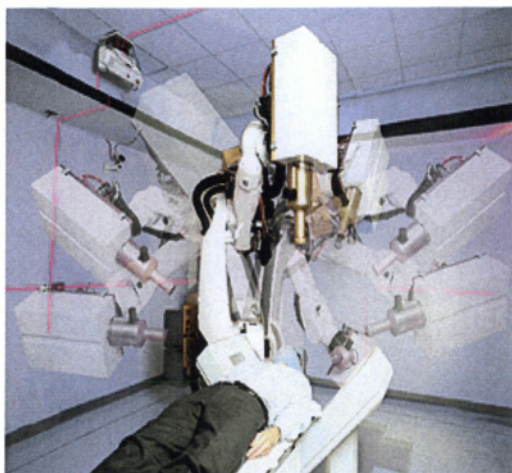
-Gamma Knife κάνει χρήση πολλαπλών δεσμών, από κοβάλτιο ως πηγή.

-Ο χρόνος της θεραπείας ελάχιστος.

- Η συνολική αγωγή σε περίπτωση Gamma knife απαιτεί μόνο μία συνεδρίαση μετά την οποία ο ασθενής μπορεί να επιστρέψει στην κανονική ρουτίνα του.

- Στο Gamma knife κόστος της θεραπείας είναι χαμηλότερο από το κόστος Cyber knife (που κυμαίνονται από \$ 25000 έως 50000 δολαρίων).

CyberKnife



1. Ενιαία πηγή γραμμικού επιταχυντή με ρομποτικό βραχίονα (Εικ.60) για την αντιστάθμιση των μετακινήσεων ασθενών κατά τη διάρκεια της θεραπείας που δεν χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για την ενδοκρανιακή SRS.
2. Ένα χιλιοστό ακρίβεια δόσεων έξω από την περιοχή του έργου είναι 2-6x μεγαλύτερη από ότι με το Gamma Knife.

Εικόνα 60: Βραχίονες cyberknife.

3. Μη άκαμπτη ακινητοποίηση μειώνει την κίνηση της κεφαλής, χρησιμοποιώντας μια θερμοπλαστική μάσκα προσώπου που είναι συρρικνωμένη μεμβράνη στο τραπέζι κατά τη διάρκεια της θεραπείας.
4. Παρέχει σχετική MR και CT αντιστοιχίας από το σχεδιασμό μέχρι την παράδοση θεραπείας σε 3D.
5. Το CyberKnife είναι εγγενώς λιγότερο ακριβής αφού η σχετική θέση είναι οπτικά δεν καθοδηγείται, στο κεφαλι- πλαίσιο όπου βασίζεται. Μεμονωμένες ή πολλαπλές θεραπείες, ενδεχομένως σε μια περίοδο ημερών. Στόχος θέσης μια φορά κάθε 10 δευτερόλεπτα.
6. Το Knife κάνει χρήση μιας ενιαίας μεγάλης σκάλας ενέργειας με ακτίνες X ως την πηγή.

7. Η διαδικασία Knife στον κυβερνοχώρο απαιτεί πολλαπλές συνεδρίες κάθε μια ώρα περίπου.
8. Το κόστος για τα νοσοκομεία είναι τεράστιο, επομένως η θεραπεία είναι διαθέσιμη σε περιορισμένα παγκόσμια κέντρα.

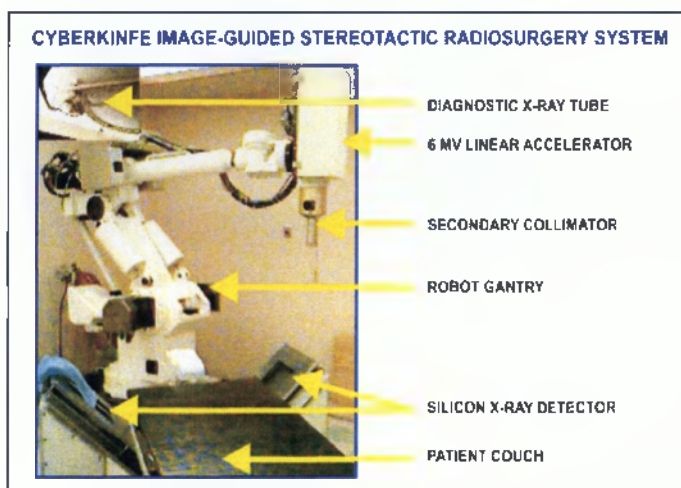
Ρομποτικό σύστημα που κατευθύνει την ακτινοβολία

Γενικά στοιχεία με το idrt(image directed radiation therapy) ρομποτικό σύστημα :

Το CyberKnife είναι ένα σύστημα επεξεργασίας ακτινοβολίας που χρησιμοποιεί την τεχνολογία διαδραστικής εικόνας για την επεξεργασία των όγκων εγκεφάλου. Η πηγή επεξεργασίας είναι ένας μικροσκοπικός X-band γραμμικός επιταχυντής που χειρίζεται από ένα ρομπότ Fanuc έξι βαθμών ελευθερίας. Οι πρόσφατες επεκτάσεις του έχουν περιλάβει την επεξεργασία των όγκων αυχενικών, θωρακικών και οσφυϊκών σπονδυλικών στηλών. Οι επεκτάσεις του IDRT στην επεξεργασία των όγκων πνευμόνων είναι ένα ακόμα βήμα. Μια από τις δυσκολίες της επεξεργασίας ακτινοβολίας των όγκων πνευμόνων είναι ότι, απ' όλους τους όγκους, οι όγκοι πνευμόνων καταδεικνύουν τη μέγιστη κίνηση και παραμόρφωση λόγω και της αναπνοής αλλά και των κτύπων της καρδιάς. Μια ευρύτερη ακτίνα επεξεργασίας χρησιμοποιείται για να εγγυηθεί ότι ο στόχος παραμένει μέσα στην ακτίνα. Αυτό όμως εκθέτει τον υγιή ιστό πνευμόνων στις υψηλές δόσεις ακτινοβολίας. Δεδομένου ότι ο ιστός πνευμόνων έχει χαμηλής δόσης κατώφλι για τα αποτελέσματα της ακτινοβολίας, τέτοια έκθεση μπορεί να οδηγήσει στη μόνιμη ζημιά, με συνέπεια την απώλεια λειτουργίας των πνευμόνων. Αυτό είναι ένα κίνητρο για τη χρήση της θεραπείας ακτινοβολίας κατευθυνόμενης με εικόνα (IDRT) για να παρέχει ένα σύστημα θεραπείας κλειστού κυκλώματος ρυθμίζοντας την ακτίνα ανάλογα με την κίνηση όγκων. Ένα πειραματικό σύστημα για την αξιολόγηση του IDRT σε κινούμενους στόχους περιλαμβάνει: έναν γραμμικό επιταχυντή χειριζόμενο από ρομπότ, έναν «φανταστικό» στόχο με ένα φωτισμένο LED “proxy”, ένα προγραμματισμό x-y “έλεκθρο” για να κινήσει το στόχο κατά τη διάρκεια της εξομοιούμενης θεραπείας, μια σταθεροποιημένη video camera και μια διεπαφή χειριστή για την εξέταση των συντεταγμένων των όγκων που προέκυψαν και τον έλεγχο της ακτίνας ακτινοβολίας σε πραγματικό χρόνο. Κατά τη διάρκεια της εξομοίωσης της διαδικασίας, ο στόχος κινείται σε ένα επίπεδο ανά προγραμματισμένες κινήσεις του “έλεκθρου” x-y, επιδιώκοντας να μιμηθεί την κίνηση των πραγματικών όγκων των πνευμόνων. Η εξομοίωση θεραπείας παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα. Οι συντεταγμένες του ρομπότ λαμβάνονται από τον ελεγκτή ρομπότ σε

πραγματικό χρόνο, και οι αντίστοιχες συντεταγμένες στόχων υπολογίζονται αναφορικά με το πλαίσιο εργαλείων (επιταχυντής).

Η επιτυχία αυτής της προσέγγισης εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων. Κατ'αρχάς, πρέπει οι βαθμονομήσεις (calibration) φωτογραφικών μηχανών, ρομπότ και εργαλείου μετασχηματισμού να είναι αρκετά ακριβείς. Επιπλέον, το σύστημα πρέπει να αποδώσει με την αρκετά χαμηλή λανθάνουσα κατάσταση ότι ο χειριστής μπορεί επιτυχώς να συγχρονίσει την ακτίνα με το στόχο που εισάγεται στην πορεία ακτινοβολίας. Η βαθμονόμηση του ρομπότ καθώς και ο μετασχηματισμός συντεταγμένων του πλαισίου εργαλείων εκτελέσθηκε. Ο επιταχυντής περιλαμβάνει μια ακριβή μηχανική βάση για να κρατήσει ένα εργαλείο με αιχμηρή απόληξη, ευθυγραμμισμένο με την δέσμη ακτινών θεραπείας. Με αυτό το εργαλείο που παρεμβλήθηκε, το ρομπότ ωθείται να αγγίξει την άκρη του δείκτη σε μια σταθερή θέση αναφοράς. Με τις άκρες να 12 συμπίπτουν, επιλέγονται από τον ελεγκτή οι προκύπτουσες κοινές γωνίες του ρομπότ. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται για πολλές προσεγγίσεις. Έχει δείξει ότι η θεραπεία ακτινοβολίας κατευθυνόμενη με εικόνα που εφαρμόζεται στους όγκους πνευμόνων, είναι



Εικόνα 61: Εφαρμογή cyberknife (cyberknife stereotactic radiosurgery system.)

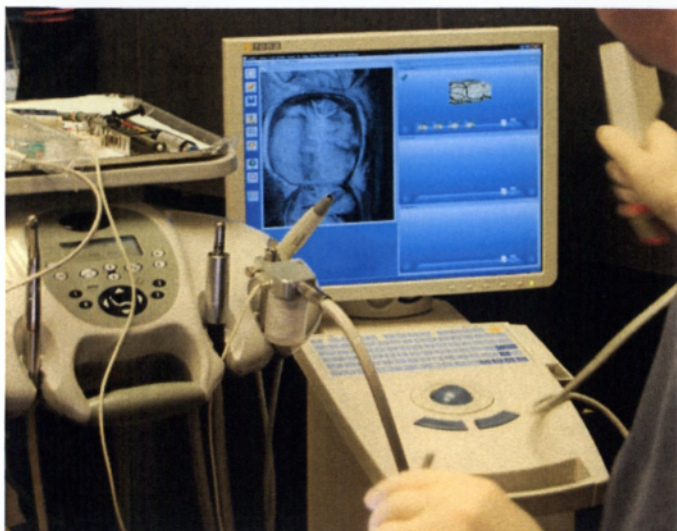
IDRT(Image Directed Radiation Therapy):

Ένα ρομπότ το οποίο κατευθύνει μέσα από εικόνα την ακτινοβολία για τη θεραπεία του καρκίνου πνευμόνων (Image Directed Radiation Therapy - IDRT) (Εικ.61). Η θεραπεία ακτινοβολίας είναι μια από τις σημαντικότερες μορφές θεραπείας για τον καρκίνο. Είναι η θεραπεία του καρκίνου και άλλων ασθενειών μειώνοντας ακτινοβολία.

εφικτή και ελκυστική. Η απαραίτητη ακριβής βαθμονόμηση από επιταχυντή χειριζόμενο από ρομπότ και ηλεκτρονικές φωτογραφικές μηχανές είναι επιτεύξιμη. Η σημαντική μείωση της έκθεσης του υγιούς ιστού μπορεί να επιτευχθεί με το IDRT, ελευθερώνοντας τις επιθυμητές δόσεις στους στόχους.

7.8 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΗΣ

7.8.1 CEREC SIRONA



Το ιατρείο εξειδικεύεται στην παροχή υπηρεσιών άριστης ποιότητας και αισθητικής με την τεχνολογία οδοντιατρικής CEREC (Εικ.62).

Εικόνα 62: Το σύστημα cerec sirona.

Χρησιμοποιείται για



Το σύστημα CEREC της SIRONA δημιουργεί σε μία επίσκεψη CAD/CAM ολοκεραμικές αποκαταστάσεις για :

1. Εμφράξεις από ολοκεραμικό υλικό.
2. Όψεις πορσελάνης από κεραμικό υλικό.
3. Στεφάνες-Γέφυρες ολοκεραμικές και Γέφυρες ζirkονίου.

Εικόνα 63: Συσκευή αποκατάστασης δοντιού.

Όλα τα υλικά που χρησιμοποιούνται με τη μέθοδο CEREC είναι υψηλής ποιότητας και αισθητικής με τη μέγιστη αντοχή.

Περιλαμβάνει

Ολοκεραμικές Θήκες

1. Είναι φτιαγμένη αποκλειστικά από πορσελάνη.

2. Έχει άριστα αισθητικά αποτελέσματα.
3. Έχει ελάχιστη απορρόφηση χρωστικών ουσιών.
4. Επαναφέρει το δόντι στο αρχικό του σχήμα.
5. Ενισχύει και δόντια που δεν έχουν πλέον αρκετή οδοντική ουσία.
6. Καλύπτει οδοντικά εμφυτεύματα.
7. Η διαδικασία τοποθέτησης είναι ανώδυνη.
8. Όψεις και σφραγίσματα πορσελάνης:
9. Φωτίζουν τα δόντια.
10. Συγκαλύπτουν δυσχρωμίες.
11. Ενισχύουν την αυτολεπείωση καθώς μας δείχνουν ελκυστικούς και νεότερους.
12. Στεφάνες ζirkονίου.
13. Συγκρατεί οδοντικές γέφυρες και κινητές οδοντοστοιχίες.
14. Ιδανικές για την αποκατάσταση προσθίων δοντιών.
15. Το υλικό παράγεται με τη βοήθεια της πλέον σύγχρονης ψηφιακής τεχνολογίας κομπιούτερ CAD/CAM.



Εικόνα 64: Αποκατάσταση δοντιού πριν και μετά.

- Δεν τροχίζονται υπερβολικά τα παράπλευρα δόντια.
- Δεν απορροφούν χρωστικές ουσίες.

Πρόκειται για μια νέα, ριζοσπαστική μέθοδο η οποία καλύπτει οποιαδήποτε ανάγκη για στόμα υγιές και χαμόγελο λαμπερό.

-Έχουν πολύ μεγάλη αντοχή.

-Απαιτούν ελάχιστο χρόνο θεραπείας και αποκατάστασης.

-Χαρίζουν άψογη αισθητική και φυσικότητα καθώς μιμούνται τον ιριδισμό του φυσικού δοντιού.

-Δεν περιλαμβάνουν μεταλλικό σκελετό ή μέταλλο (αποφεύγεται έτσι το «μαύρο» τελείωμα που έχουν οι συνηθισμένες θήκες).

Στο οδοντιατρείο χρησιμοποιούν «ρομποτική» οδοντιατρική με την βοήθεια cad/cam- cerec



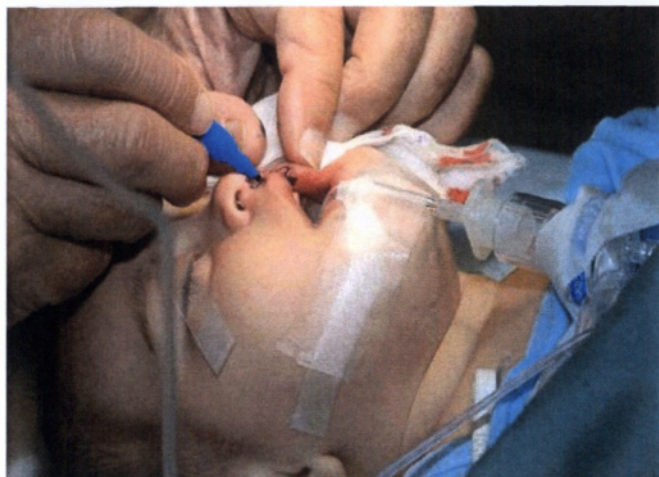
Εικόνα 65: Cerec sirona (cad/cam).

Τα CAD CAM (Εικ.65) συστήματα όπως το σύστημα CEREC (Sirona, Bensheim) επιτρέπουν την κατασκευή ολοκεραμικών αποκαταστάσεων στην οδοντιατρική έδρα. Στις περισσότερες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται για την κατασκευή μονοχρωματικά κεραμικά τεμάχια. Καθώς το κεραμικό έχει καλές οπτικές ιδιότητες τα αισθητικά αποτελέσματα είναι αποδεκτά στην καθημερινή πρακτική. Οι δύσκολες περιπτώσεις μπορεί να επλυθούν με διαδικασίες χρώσης, glaze, ή ανασύστασης με κεραμικά.

Αυτή η επιπλέον εργασία απαιτεί επιπλέον χρόνο και κόστος. Αυτή η παρουσίαση τονίζει τις δυνατότητες που προσφέρουν τα διαστρωματωμένα κεραμικά για την επίλυση αισθητικών προβλημάτων με μεγαλύτερο βαθμό πρόβλεψης στα πλαίσια της καθημερινής ροής εργασίας ενός οδοντιατρείου.

Το CEREC αποτελεί το “δεξί μας χέρι” αφού μπορούμε σε ελάχιστο χρόνο να κατασκευάσουμε μεγάλο αριθμό διαφορετικών ακίνητων προσθετικών εργασιών (πχ. στεφάνες, ένθετα, όψεις πορσελάνης, όψεις ζirkονίου, κ.α) Με τη CAD/CAM τεχνολογία έχουμε άριστες κατασκευές διότι βασίζεται στη λεπτομέρεια, στην ακρίβεια των ορίων, στην αντοχή, στην κάλλιστη εφαρμογή και αισθητική. Ο ασθενής απαλλάσσεται από χρονοβόρα- πολλαπλά ραντεβού, πολύπλοκα στάδια εργασιών (πχ αποτυπώματα), πόνους και δυσφορία λόγω προσωρινών ή άλλων αιτιών, επανάληψη τυχόν σταδίων κ.λ.π. Με αυτό τον τρόπο ο ασθενής φεύγει απ’ την οδοντιατρική καρέκλα, έχοντας αποκατασταθεί προσθετικά φορώντας ένα υγιές, λειτουργικό και όμορφο χαμόγελο πραγματοποιώντας μια και μόνο συνεδρία.

Η λειτουργία της cerec sirona (εικ.66)



1. Πρώτον, αποσύνθεση και αφαίρεση των ελαττωματικών βάζοντας ένα αντανάκλαστικό στρώμα σκόνης που προετοιμάζει το δόντι για απεικόνιση.
2. Στη συνέχεια μια οπτική 3D εικόνα αποκτάται με μια μικρή κάμερα κατευθείαν στο στόμα σας.

Εικόνα 66: Κατά την διάρκεια επέμβασης CEREC SIRONA.

Η αποκατάσταση έχει δημιουργηθεί στην οθόνη χρησιμοποιώντας τα δεδομένα της εικόνας. Επικάλυψη μύλος μέσα σε ένα κεραμικό τετράγωνο για την αναπαραγωγή του σχεδιασμού. Αυτό επιτυγχάνεται κατά τη διάρκεια ενός ραντεβού χρησιμοποιώντας Computer Aided Design / ComputerAided (CAD /CAM).

To Cerec bluecam



Φακοί:

το σύστημα φακών υψηλής ακρίβειας cerec bluecam (Εικ. 67) θέτει νέα πρότυπα στην ακρίβεια των μετρήσεων και παραδίδει ένα πρωτοφανές επίπεδο ακριβείας. Η δίοδος υψηλής απόδοσης εκπέμπει μπλέ φώς με ένα μικρό κύματος. Αυτό ισχύει για τα μονάδες δοντιών καθώς και πολλές εικόνες.

Εικόνα 67: cerec bluecam.

Εξαιρετικό βάθος πεδίου:

Μπορείτε είτε να τοποθετήσετε το cerec bluecam με την υποστήριξη κάμερα απευθείας στο δόντι ή να συλλάβει τις εικόνες αφήνοντας μια μικρή απόσταση από την επιφάνεια. και στις δύο περιπτώσεις η παράλληλη φωτεινή δέσμη εξασφαλίζει το καλύτερο βάθος πεδίου καθώς και ένα υψηλό επίπεδο χειρισμού της ευελιξίας. Ο ευέλικτος cerec bluecam δίνει τη δυνατότητα να αποκτήσουν οπτική εντύπωση σε δυσπρόσιτες περιοχές της στοματικής κοιλότητας.

Βελτιωμένη ακρίβεια περιθώριο προετοιμασίας:

Που προκύπτουν από τη βελτίωση του τομέα η cerec bluecam παράγει εικόνες υψηλής ακρίβειας της προετοιμασίας.

Η βελτίωση της ορατότητα:

Ένας κρίσιμος παράγοντας για την ποιότητα της αποκατάστασης. Το μπλε φως που εκπέμπεται από το CEREC Bluecam να φωτίζει το χώρο θεραπείας τέλεια και σας επιτρέπει να συλλάβει κοντά σε δυσπρόσιτες περιοχές με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια.

Αυτόματη λήψη εικόνας:

Η κάμερα ανιχνεύει αυτόματα την κατάλληλη στιγμή για να προκαλέσει η έκθεση. Το μόνο που έχετε να κάνετε είναι να μετακινήσετε το CEREC Bluecam βήμα προς βήμα κατά τη διάρκεια της σχετικής περιοχής. Με αυτόν τον τρόπο μπορείτε να αποκτήσετε ολόκληρο τεταρτημόρια σε μια ενιαία σύγχρονη λειτουργία.

Το ενσωματωμένο σύστημα ανίχνευσης:

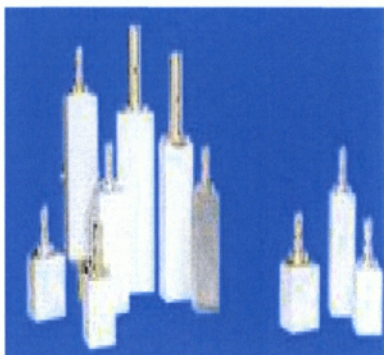
Αναδύεται σε συνδυασμό με το σύντομο χρονικό διάστημα δέσμευσης και εξασφαλίζει τις εικόνες μόνο με φωτογραφική μηχανή.

Συμπαγής φωτογραφική μηχανή:

Η CEREC Bluecam βασίζεται στο σχεδιασμό του άκρως επιτυχημένη κάμερα CEREC, η οποία απέδειξε ότι είναι πολλές χιλιάδες φορές στην πρακτική του εφαρμογή. Οι συμπαγείς διαστάσεις του CEREC Bluecam σας προσφέρουν εύκολη πρόσβαση σε οπίσθια δόντια. Με τη βοήθεια της στήριξης κάμερας CEREC μπορείτε να τοποθετήσετε το CEREC Bluecam απευθείας στα δόντια και συνεπώς να διατηρηθεί η σωστή απόσταση για την καλύτερη δυνατή οπτική εντύπωση.

Πλεονεκτήματα

- Ταχύτητα.



Εικόνα 68: Sirona in lab.

- Ιδανικό για την πρακτική υψηλής παραγωγικότητας.

- Έξι λεπτά για ένα στέμμα και πλήρες περίγραμμα, 3-4 λεπτά για μερική κάλυψη και 15-20 λεπτά για την προσωρινή κατασκευές γεφυρών.

- Ανώτερη ποιότητα εικόνας bluescam : ικανοποιεί σχεδόν οποιαδήποτε ένδειξη αποκατάστασης.

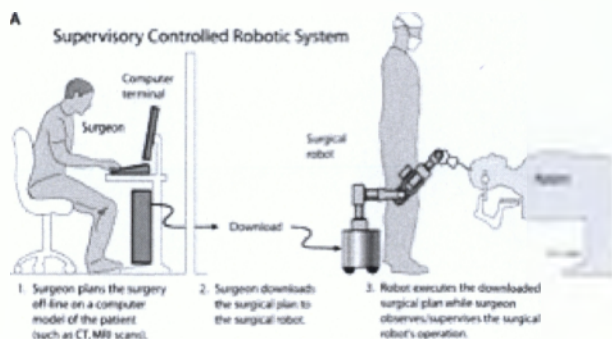
- Υφιστάμενο δίκτυο Πρόσβαση σε Sirona των χρηστών inLab (Εικ.68).
- Εύκολα αναβαθμίσιμο μπορεί να συμπεριλάβει δυνατότητες office.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 - Η ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

8.1 ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Το νευροχειρουργικό ρομπότ αποτελείται από τα ακόλουθα συστατικά στο πιο βασικό επίπεδο: ρομποτικό βραχίονα, αισθητήρες ανάδρασης, ελεγκτές που καθοδηγούν το ρομπότ (τελικά στοιχεία δράσης), ένα ασύρματο σύστημα εντοπισμού και ένα κέντρο επεξεργασίας δεδομένων (εγκέφαλος). Το τελικό στοιχείο δράσης είναι σε θέση να ελέγχει τον ρομποτικό βραχίονα και να χρησιμοποιεί εργαλεία όπως καθετήρα, ενδοσκόπιο και όργανο για τη διατήρηση ανοικτών των χειλέων του τραύματος. Το εργαλείο μπορεί συνήθως να λειτουργήσει με 6 βαθμούς ελευθερίας. Οι αισθητήρες παρέχουν στον χειρουργό την απαραίτητη ανάδραση από την χειρουργική περιοχή, που υποβάλλεται σε επεξεργασία από τον υπολογιστή, επιστρέφοντας πληροφορίες όπως η θέση ενός εργαλείου μέσα σε μια περιοχή. Η χρήση της ρομποτικής για τις νευροχειρουργικές εφαρμογές παρέχει στο χειρουργό πολλά πλεονεκτήματα. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα σχετικά με τη νευροχειρουργική είναι η δυνατότητα να εκτελεσθεί η χειρουργική επέμβαση σε μικρότερη κλίμακα (μικροχειρουργική), η αυξημένη ακρίβεια (χωροταξική χειρουργική), η πρόσβαση σε μικρούς διαδρόμους (ελάχιστα επεμβατική εγχείρηση), η δυνατότητα επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων (καθοδηγημένη από απεικόνιση χειρουργική επέμβαση), η δυνατότητα για τηλεχειρουργική και η εξάλειψη του τρόμου των χεριών του χειρουργού. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στον εγκέφαλο επειδή όλος ο ιστός του οργάνου είναι πολύ λεπτός και μεγάλης σπουδαιότητας. Τα χειρουργικά ρομπότ μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις ευρείς κατηγορίες με βάση το πώς οι χειρουργοί αλληλεπιδρούν με αυτά:

8.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ ΕΠΟΠΤΗ

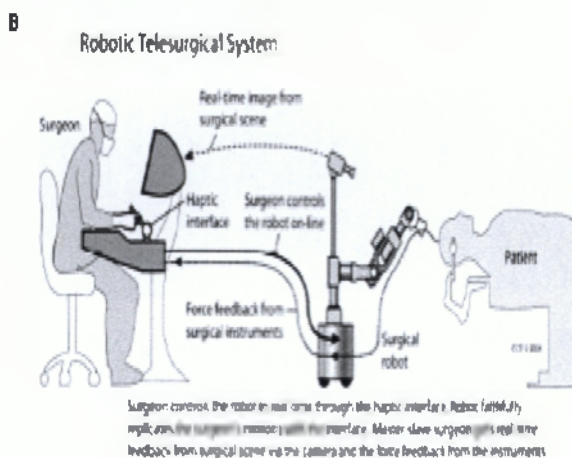


Η διαδικασία προγραμματίζεται εκ των προτέρων και ο χειρουργός διευκρινίζει τις κινήσεις τις οποίες εκτελεί το ρομπότ. Το ρομπότ εκτελεί ακριβώς τις ίδιες κινήσεις αυτόματα κατά τη διάρκεια της επέμβασης, με τον χειρουργό να επιβλέπει για να εξασφαλίσει ότι δεν θα υπάρξει κανένα

λάθος.

Εικόνα 69: Χειρουργικό ρομπότ ελεγχόμενο από επόπτη.

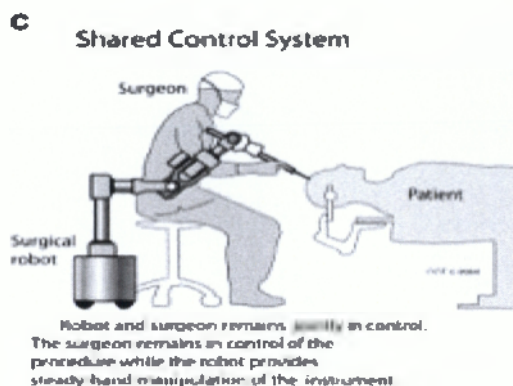
8.3 ΤΗΛΕΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ



Ο χειρουργός εκτελεί άμεσα την επέμβαση με μια απτική διασύνδεση. Χρησιμοποιώντας ένα χειριστήριο με έλεγχο ανάδρασης δύναμης, ο χειρουργός πραγματοποιεί κινήσεις που ο χειρουργικός χειριστής αναπαραγάγει. Ο χειρουργός είναι σε θέση να δει μέσα στον κρανιακό φορέα με διεγχειρητική απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο.

Εικόνα 70: Τηλεχειρουργικό ρομπότ.

8.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΟΙΡΑΖΟΜΕΝΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ



Το ρομπότ υποβάλλεται σε χειρισμούς σταθερών χεριών του χειρουργικού οργάνου ενώ ο χειρουργός ελέγχει ολόκληρη τη διαδικασία. Ο χειρουργός και το ρομπότ εκτελούν από κοινού εργασίες.

Εικόνα 71: Χειρουργικό ρομπότ μοιραζόμενο έλεγχο.

8.5 ΕΠΙΠΛΟΚΕΣ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΑ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ

Μια από τις καλύτερες κλινικές δοκιμές πραγματοποιήθηκε στο πανεπιστημιακό νοσοκομείο Oulu^[21] όπου οι ασθενείς είχαν διαφόρων βαθμών επιπλοκές βλαβών (από χαμηλού κινδύνου ως υψηλού κινδύνου). Αν και τα πειράματα εκτελέστηκαν εδώ και πάνω από μια δεκαετία, δεν έχει υπάρξει σημαντική πρόοδος στη νευρορομποτική τεχνολογία από τότε. Επομένως, αυτό τα στοιχεία μας μπορούν να μας δώσουν μια καλή ιδέα για το πώς λειτουργούν οι παρούσες μηχανές.

Αποτελέσματα

1. Η απώλεια αίματος ήταν κατά μέσο όρο 144ml ανά ασθενή, το οποίο είναι πολύ χαμηλό (μισό φλιτζάνι).
2. Η μετεγχειρητική παραμονή στο νοσοκομείο είναι η ίδια με αυτή για την ανοικτή χειρουργική επέμβαση.
3. Η ακρίβεια ήταν μεγαλύτερη από αυτήν της ανοικτής χειρουργικής επέμβασης.
4. Ο χρόνος της επέμβασης μειώθηκε λόγω της χρήσης του συστήματος

²¹ Χρησιμοποιώντας το σύστημα Oulu Neuronavigator και το σύστημα Leksell Index από το Σεπτεμβρίου του 1994 έως το Σεπτεμβρίου του 1996.

νευροπλοήγησης. Αυτό μας εκπλήσσει, δεδομένου ότι οι περισσότερες άλλες ρομποτικές δοκιμές παρουσίασαν αύξηση στο χρόνο διαδικασίας.

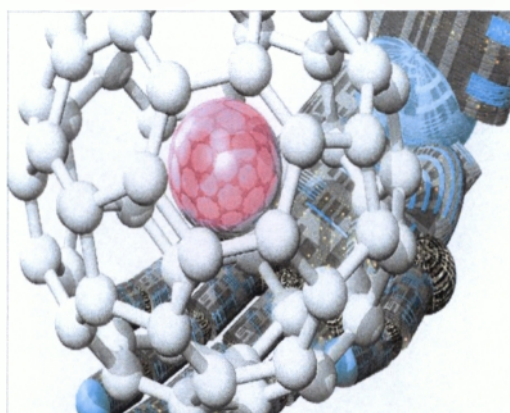
5. Οι χειρουργοί κυρίως κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι αύξησε την ασφάλεια. Αυτή ήταν μια από τις μόνες μελέτες στην οποία ήταν σε θέση να συναγάγουν τέτοια συμπεράσματα. Οι χειρουργοί σε γενικές γραμμές κατέληξαν στο ότι αυτή η τεχνολογία τους διευκολύνει και τους παρέχει μια καλύτερη εναλλακτική έναντι των ανοικτών εγχειρήσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 - NANOTEΧΝΟΛΟΓΙΑ

9.1 Η NANOTEΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ

Ορισμός

nano : Στην επιστήμη και την τεχνολογία, το πρόθεμα «νανο» (από την ελληνική λέξη νάνος) σημαίνει $10^{-9} = 0,000000001$. Ένα νανόμετρο (nm) ισούται με ένα δισεκατομμυριοστό του μέτρου, είναι δηλαδή δεκάδες χιλιάδες φορές μικρότερο από το πάχος μιας ανθρώπινης τρίχας. Ο όρος νανοτεχνολογία χρησιμοποιείται εδώ ως περιληπτικός όρος, και καλύπτει τους διαφόρους κλάδους νανοεπιστημών και νανοτεχνολογιών.



Θεωρητικά, η νανοτεχνολογία αναφέρεται στην επιστήμη και τεχνολογία που αναπτύσσονται σε κλίμακα ατόμων και μορίων (νανοκλίμακα) αναφέρεται επίσης σε επιστημονικές αρχές και νέες ιδιότητες που μπορούμε να κατανοήσουμε και να γνωρίσουμε σε βάθος εργαζόμενοι σ' αυτό το πεδίο.

Εικόνα 72: Νανοτεχνολογία στην επιστήμη.

Τέτοιες ιδιότητες μπορούμε εν συνεχεία να τις παρατηρούμε και να τις εκμεταλλευόμαστε σε μικροκλίμακα ή μακροκλίμακα για την ανάπτυξη π.χ. υλικών και εφευρέσεων με νεωτεριστικές λειτουργίες και επιδόσεις. Η νανοϊατρική ορίζεται ως η εφαρμογή της νανοτεχνολογίας στον τομέα της υγείας. Στηρίζεται στις βελτιωμένες και συχνά νέες φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες των νανοδομημένων υλικών. Το συγκρίσιμο μέγεθος των συνθετικών αυτών δομών με φυσικές λειτουργικές μονάδες (βιομόρια και κύτταρα) επιτρέπει την άμεση αλληλεπίδραση τους με τους ζωντανούς οργανισμούς. Στόχος της νανοϊατρικής είναι η βελτίωση τόσο της διαγνωστικής ιατρικής (έγκαιρη και έγκυρη διάγνωση) όσο και της θεραπευτικής ιατρικής (π.χ. βελτιωμένες φαρμακευτικές ουσίες, συστήματα ελεγχόμενης αποδέσμευσης φαρμάκων) καθώς και η ανάπτυξη μεθόδων για τη συστηματική ιατρική παρακολούθηση (π.χ. της εξέλιξης των ασθενειών, της αποτελεσματικότητας της φαρμακευτικής αγωγής).

Γενικά στοιχεία



Οι περιοχές της νανο-τεχνολογίας (Εικ.73) και των νανο-επιστημών αποτελούν διεθνώς έναν πυρήνα έντονων δραστηριοτήτων με αναρίθμητες εφαρμογές, στις οποίες επικεντρώνεται ένα πλήθος ερευνητικών προγραμμάτων και βιομηχανικών επενδύσεων.

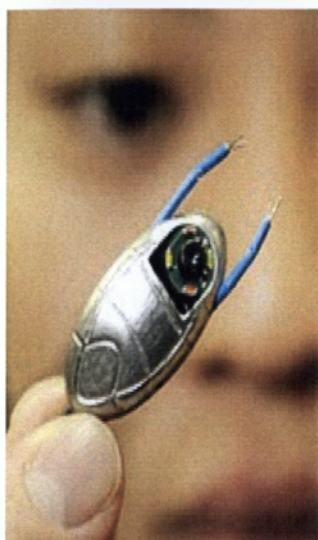
Εικόνα 73: Νανορομπότ.

Οι επιπτώσεις γίνονται ήδη αντιληπτές στον οικονομικό στίβο, επηρεάζοντας διεθνείς βιομηχανίες και οικονομίες, αλλά και στον κοινωνικό τομέα, βελτιώνοντας το επίπεδο της ζωής μας. Η συνολική αγορά για τις εφαρμογές της νανο-τεχνολογίας μέσα στο 2007 άγγιξε τα 1,7 δις \$ στις ΗΠΑ, ενώ αναμένεται μία κατακόρυφη αύξηση για τα επόμενα χρόνια (BCCResearch). Το πρόθεμα «νανο-» υποδηλώνει την επιστήμη και τεχνολογία της τάξης μεγέθους του νανομέτρου(nm), διαστάσεις που αγγίζουν τη μοριακή δομή της ύλης και απαιτούν νέες πειραματικές και τεχνολογικές προσεγγίσεις στη διαχείρισή τους. Οι επιστήμες αυτές απευθύνονται σε υψηλής ακρίβειας επεμβάσεις στη νανοκλίμακα (1-100 nm) που είναι το σημείο απ' όπου ξεκινάει η φύση να χτίζει τον οργανισμό μας. Το νανόμετρο είναι το έναδισεκατομμυριοστό του μέτρου (10^{-9} m), 60.000 φορές μικρότερο από το πάχος μιας τρίχας, κι αναφερόμαστε σ' αυτήν ακριβώς τη σκάλα μεγεθών, όπου τα βιολογικά μόρια και δομές εκτελούν τις λειτουργίες τους μέσα στο κύτταρο. Η νανο-βιοτεχνολογία προέρχεται από τη σύγκλιση της νανο-τεχνολογίας με τη σύγχρονη βιολογία και, αντίστοιχα, η νανο-ιατρική προκύπτει από την εφαρμογή της νανο-βιοτεχνολογίας στην παραδοσιακή ιατρική.

Ως βιοτεχνολογικό παρακλάδι της νανο-τεχνολογίας επομένως, η νανο-ιατρική αναφέρεται στην παρακολούθηση, ανίχνευση, αποκατάσταση και έλεγχο των βιολογικών συστημάτων του ανθρώπου σε μοριακό επίπεδο, με την υψηλής ακρίβειας κατασκευή και χρήση νανο-δομών και νανο-διατάξεων 1, 2, 3. Η ανάπτυξη της έρευνας στο χώρο αυτό βασίζεται στα επιτεύγματα κι ανακαλύψεις των βασικών επιστημών και ιδιαίτερα της φυσικής, της χημείας και της βιολογίας (επιστήμες που έχουν θεμελιώσει τη μελέτη της ύλης στο μοριακό επίπεδο), ενώ απαιτεί μια διεπιστημονική προσέγγιση με τη συνεργασία

ιατρών, χημικών μηχανικών, προγραμματιστών Η/Υ, επιστημόνων υλικών και άλλων ειδικών. Η νανοτεχνολογία είναι εκείνη η τεχνολογία που αποβλέπει στην κατασκευή τεχνητών μηχανισμών με τρομερά μικρό μέγεθος, της τάξεως των 100 νανομέτρων, δηλαδή 100 δισεκατομμυριοστών του μέτρου. Αυτοί οι μηχανισμοί θα είναι γύρω στις 100 φορές μικρότεροι από τη διάμετρο μιας ανθρώπινης τρίχας. Οι ειδικοί προβλέπουν ότι αυτές οι μικροσκοπικές μηχανές μπορούν να μας προσφέρουν ένα ολόκληρο φάσμα νέων επιτευγμάτων, από μικροσκοπικά εξαρτήματα υπολογιστών, μέχρι νέες μορφές θεραπευτικής αγωγής κατά του καρκίνου και νέα όπλα. Στο μεταξύ χρησιμοποιούνται ήδη νανοτεχνικές για την παραγωγή αντιηλιακών ουσιών, υφασμάτων που δεν λεκιάζουν και συνθετικών υλικών για αυτοκίνητα. Γρήγορα θα χρησιμοποιούνται για την κατασκευή υπολογιστών και συσκευών αποθήκευσης δεδομένων με εξαιρετικά μικρό μέγεθος. Επιπλέον έχουν αρχίσει να εμφανίζονται μερικά από τα θαυμαστά προϊόντα της νανοτεχνολογίας που αναμένονταν εδώ και πολύ καιρό. Το 2002, μια εταιρεία κατασκεύαζε αυτοκαθαριζόμενους υαλοπίνακες παραθύρων, ενώ μια άλλη παρήγαγε νανοκρυσταλλικούς επιδέσμους τραυμάτων με αντιβιοτικές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες.

Τα πειράματα της νανοτεχνολογίας



Οι ερευνητές ξεκίνησαν μάλιστα τα πειράματα, στέλνοντας τέσσερις φορές την ημέρα τα νανορομποτάκια σε ασθενείς. Μάλιστα οι επιστήμονες προτίμησαν να μετέχουν στα πειράματα ασθενείς που έχουν διαφορετικού είδους όγκους, ώστε να διαπιστώσουν το εύρος της αποτελεσματικότητας των νανορομπότ. Μέχρι στιγμής έχει εξακριβωθεί ότι τα νανορομπότ καταφέρνουν να εισέλθουν στους όγκους και οι ερευνητές περιμένουν τώρα να διαπιστώσουν αν και σε ποιο βαθμό τους συρρικνώνουν.

Εικόνα 74: Νανορομπότ.

Δοο τύποι Νανοτεχνολογίας

1. Από πάνω προς τα κάτω

Από την κορυφή (μεγαλύτερο) στη βάση (μικρότερο). Μηχανισμοί και υποδομές σμικρύνονται σε μια νανομετρική κλίμακα. Αυτή υπήρξε η πιο συχνή εφαρμογή της νανοτεχνολογίας μέχρι τώρα, ιδιαίτερα στον τομέα της ηλεκτρονικής όπου επικρατεί η σμίκρυνση.

2. Από κάτω προς τα πάνω



Από κάτω (μικρότερο) προς την κορυφή (μεγαλύτερο). Ξεκινάμε με μια νανομετρική υποδομή όπως ένα μόριο και μέσω μιας διαδικασίας σύναξης ή αυτο-σύναξης, δημιουργούμε έναν μεγαλύτερο μηχανισμό από αυτόν με τον οποίο ξεκινήσαμε.

Εικόνα 75: Νανορομπότ μέσα στο αίμα.

Αυτή η προσέγγιση, την οποία μερικοί θεωρούν ως τη μόνη και την «αληθινή» νανοτεχνολογία, θα έπρεπε να επιτρέπει έναν ιδιαίτερα ακριβή έλεγχο του ζητήματος. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορέσουμε να γίνουμε ικανοί να απελευθερωθούμε από τα όρια της σμίκρυνσης, ιδιαίτερα στον τομέα της ηλεκτρονικής.

Το ύστατο βήμα για την από κάτω προς τα πάνω Νανοτεχνολογία ονομάζεται μοριακή νανοτεχνολογία, ή «μοριακή παραγωγή», που ήρθε στο προσκήνιο από τον ερευνητή K. Eric Drexler. Πραγματικές μοριακές βιομηχανίες αντιμετωπίζονται ως ικανές να δημιουργήσουν οποιοδήποτε υλικό μέσα από μια διαδικασία εκθετικής σύναξης

ατόμων και μορίων που ελέγχονται με ακρίβεια. Όταν κάποιος συνειδητοποιήσει ότι το σύνολο του αισθητού περιβάλλοντός μας είναι κατασκευασμένο με μια περιορισμένη αλφάβητο διαφορετικών συστατικών (άτομα,) που γίνονται αιτία για δημιουργίες τόσο διαφορετικές όσο το νερό, το διαμάντι ή το κόκαλο, τότε είναι εύκολο να φανταστεί κανείς την σχεδόν χωρίς όρια δυναμική που προσφέρει η μοριακή σύναξη.

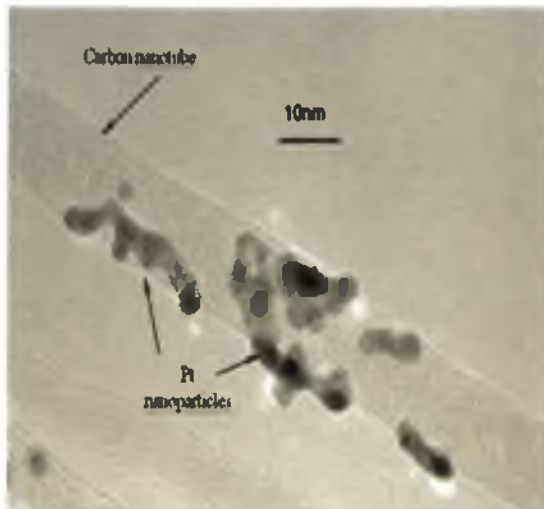
Διαγνωστική Ιατρική στην νανοτεχνολογία

Η εφαρμογή της νανοτεχνολογίας στη διαγνωστική ιατρική έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη μίας νέας γενιάς διαγνωστικών τα οποία έχουν μικρό μέγεθος, απαιτούν μικρή ποσότητα δείγματος και παρέχουν σε σύντομο χρονικό διάστημα ακριβή βιολογικά δεδομένα μέσω μίας απλής μέτρησης. Επιπλέον, η σύγκλιση της νανοτεχνολογίας και της ιατρικής απεικόνισης αναμένεται στο μέλλον να καταστήσει δυνατή την ανίχνευση ενός μόνο μορίου ή ενός κυττάρου μέσα σε ένα πολύπλοκο βιολογικό περιβάλλον.

i. In vitro διάγνωση

Ένα in vitro διαγνωστικό εργαλείο μπορεί να είναι ένας απλός χημικός ή βιοχημικός αισθητήρας ή μία ολοκληρωμένη συσκευή πολλαπλών αισθητήρων. Ο αισθητήρας φέρει ένα στοιχείο, ικανό να αναγνωρίζει την παρουσία, δραστηριότητα ή συγκέντρωση ενός συγκεκριμένου βιομορίου σε ένα διάλυμα και να παράγει σήμα μέσω κάποιας βιοχημικής αλλαγής.

Ένας μετατροπέας σήματος χρησιμοποιείται για την ποσοτικοποίηση του βιοχημικού αυτού σήματος. Ο συνδυασμός της ελαχιστοποίησης του μεγέθους των συσκευών και της ενσωμάτωσης διαφόρων λειτουργιών σε μία μοναδική συσκευή, με βάση προηγμένες τεχνικές της βιομηχανίας ηλεκτρονικών, έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη μιας νέας γενιάς συσκευών οι οποίες είναι μικροσκοπικές, γρήγορες, έχουν χαμηλό κόστος, δεν απαιτούν εξειδικευμένο προσωπικό για τη χρήση τους, χρειάζονται μικρά δείγματα, το οποίο συνεπάγεται λιγότερο επώδυνες και τραυματικές μεθόδους λήψης δειγμάτων αίματος, βιολογικών υγρών και ιστών, και εξάγουν ολοκληρωμένα και ακριβή δεδομένα από μία μοναδική μέτρηση.



Εικόνα 76: Βιοαισθητήρας υψηλής ευαισθησίας για την ανίχνευση της γλυκόζης στο αίμα σε σχεδόν πραγματικό χρόνο. Αποτελείται από νανοσωλήνες άνθρακα με επικάλυψη από σωματίδια λευκόχρυσου διαμέτρου 1-5nm (University of Arkansas, USA).

Αξίζει να σημειωθεί ότι έχουν ήδη αναπτυχθεί νανοσυσκευές διάγνωσης σε μορφή πλακιδίου (chip), ικανές να αναγνωρίσουν και να ποσοτικοποιήσουν συγκεκριμένα τμήματα του ανθρώπινου γονιδιώματος, καθώς και των εκφρασμένων πρωτεϊνών τους χρησιμοποιώντας ως ανιχνευτές τα αντίστοιχα συμπληρωματικά DNA τμήματα ή κατάλληλα αντισώματα.

Η *ex vivo* ανάλυση βιολογικών δειγμάτων πραγματοποιείται με μία σειρά από φασματοσκοπικές μεθόδους και μεθόδους μικροσκοπίας, με πιο συνηθισμένες την οπτική μικροσκοπία και τις μεθόδους ηλεκτρονικής και μικροσκοπίας κοντινού πεδίου. Επίσης αναλυτικές τεχνικές όπως μικροσκοπία σάρωσης με ακίδα, φασματοσκοπία απεικόνισης μάζας και προηγμένες τεχνολογίες υπέρηχων παρέχουν δυνατότητες για *in vitro* διάγνωση ή ανάγνωση ολοκληρωμένων υπερευαίσθητων βιοπλακιδίων (biochips).

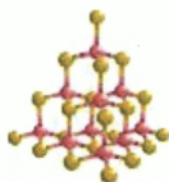
Στα επόμενα χρόνια, αναμένεται να δοθεί προτεραιότητα στο σχεδιασμό γρήγορων, αξιόπιστων, ολοκληρωμένων πολυλειτουργικών συσκευών διάγνωσης για ένα μεγάλο εύρος παθολογιών. Οι επιθυμητές βελτιώσεις στις νέες συσκευές διάγνωσης συνοψίζονται στις εξής: i) ανώδυνη λήψη δείγματος από σωματικά υγρά ή ιστούς για βιοψία, ii) ενσωμάτωση της διεργασίας προετοιμασίας του δείγματος στις συσκευές, iii) επιπλέον μείωση του απαιτούμενου όγκου των βιολογικών δειγμάτων, iv) μεγαλύτερη σμίκρυνση με στόχο την ανάπτυξη ταχύτερων συστημάτων υψηλής απόδοσης στα πλαίσια της ανάλυσης, ευαισθησίας, εξειδίκευσης, ικανότητας αναπαραγωγής των αποτελεσμάτων (από εργαστήριο σε εργαστήριο) και ολοκλήρωσης (μεγάλος αριθμός λειτουργιών σε μία μοναδική συσκευή), v) ολοκληρωμένη ανάλυση ενός βιο-μοτίβου (χαρτογράφηση) που περιλαμβάνει γονίδια, πεπτιδία και μικρά μόρια, σε ένα πολύπλοκο δείγμα, vi) συστήματα

διάγνωσης με ενσωματωμένο λογισμικό, δείκτες για συγκεκριμένες ασθένειες και κατάλληλο εξοπλισμό για συλλογή δεδομένων από απόσταση.

ii. *In vivo* διάγνωση

Ο όρος *in vivo* διάγνωση αναφέρεται γενικά σε τεχνικές απεικόνισης (π.χ. μοριακή απεικόνιση), ωστόσο περιλαμβάνει και τις εμφυτεύσιμες διαγνωστικές συσκευές. Τα πλεονεκτήματα της μοριακής απεικόνισης είναι η έγκαιρη διάγνωση διαφόρων ασθενειών και η παρακολούθηση της εξέλιξής τους (π.χ. καρκινικές μεταστάσεις). Η στοχευμένη μοριακή απεικόνιση επιτρέπει την αναγνώριση του τόπου ανάπτυξης μιας φλεγμονής, την οπτικοποίηση των αγγειακών δομών ή των σταδίων συγκεκριμένων ασθενειών, την παρακολούθηση της κατανομής ενός φαρμάκου και την ανίχνευση της απρόβλεπτης και πιθανόν επικίνδυνης συσσώρευσης του σε κάποιες περιοχές. Ο κύριος στόχος της *in vivo* απεικόνισης είναι η ανάπτυξη ιδιαίτερα ευαίσθητων και αξιόπιστων τεχνικών απεικόνισης, κατάλληλων για διάγνωση ασθενειών, απελευθέρωση φαρμάκων και παρακολούθηση της κατανομής τους, και έλεγχο της αποτελεσματικότητας της θεραπείας (theranostics). Οι μελλοντικοί ερευνητικοί στόχοι σε ότι αφορά την *in vivo* απεικόνιση είναι οι εξής: i) ανάπτυξη βελτιωμένων συστημάτων ανίχνευσης εστιάζοντας σε μικρές, αποτελεσματικές, χαμηλού κόστους κάμερες για απεικόνιση όλου του σώματος με πολλαπλά-ισότοπα και πολλαπλούς ανιχνευτές, ii) βελτίωση των υαρχόντων ανιχνευτών μέσω βελτίωσης της αρχιτεκτονικής τους ή των υλικών δόμησής τους, iii) ανάπτυξη βελτιωμένων, μη τοξικών ανιχνευτικών μικρο-διατάξεων που δεν προκαλούν διέγερση του ανοσοποιητικού συστήματος ενώ διεγείρονται από κάποιο εξωτερικό μαγνητικό ή ηλεκτρομαγνητικό πεδίο (ραδιοσυχνότητα, υπέρηχους, ακτίνες X) και διεισδύουν στα κύτταρα ξεπερνώντας τα διάφορα βιολογικά εμπόδια, και iv) βελτίωση των μεθόδων συλλογής σημάτων, ανάλυσης εικόνας και επεξεργασίας σήματος και δεδομένων (π.χ. μετατροπή σήματος από απόσταση, ενδοκυτταρική τομογραφία σε πραγματικό χρόνο, ανίχνευση και διάγνωση με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή για διευκόλυνση της εξαγωγής πληροφοριών).

Ιατρικές συσκευές



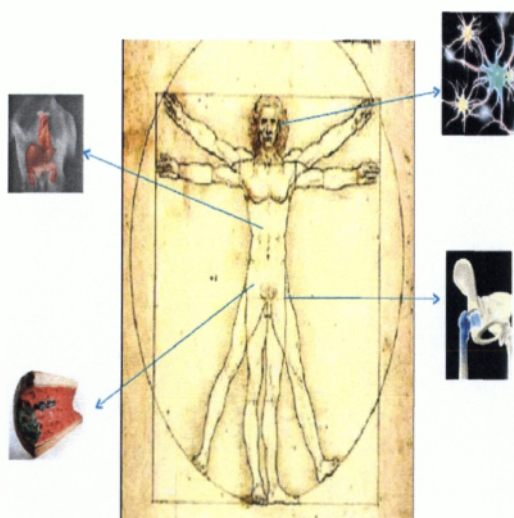
Η παρακολούθηση των μορίων που κυκλοφορούν στο αίμα (Εικ. 77) παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον κυρίως για τις χρόνιες ασθένειες όπως είναι ο διαβήτης και το AIDS.

Εικόνα 77: Νέα νανο-υλικά δίνουν άλλη διάσταση στην ανάγνωση των εφημερίδων, την παραγωγή ενέργειας, και ελπίδες για τον καρκίνο.

Κατά συνέπεια, η συνεχής μέτρηση της γλυκόζης ή/και των δεικτών κάποιας μολυσματικής ασθένειας στο αίμα, αποτελεί μία σημαντική εφαρμογή των ιατρικών συσκευών. Οι τεχνολογικοί στόχοι στον τομέα των ιατρικών συσκευών μπορούν να συνοψιστούν στους εξής: i) ελαχιστοποίηση του μεγέθους των στοιχείων που εισέρχονται στο ανθρώπινο σώμα κατά την ανάλυση με στόχο την όσο το δυνατόν πιο ανώδυνη χρήση τους καθώς και τροποποίηση της επιφανειών τους ώστε να εξασφαλιστεί η αποδοχή τους από το ανθρώπινο σώμα (αύξηση βιοσυμβατότητας.), ii) χρήση νανο-οντοτήτων που μπορούν να αναγνωρίσουν παθολογίες/ατέλειες σε πρόωρο στάδιο και να επιτρέψουν έτσι τη γρήγορη αντιμετώπισή τους, iii) βελτίωση της διάγνωσης/θεραπείας με χρήση προηγμένων τεχνολογιών πλοήγησης και απεικόνισης iv) αυτόνομη ισχύς, v) αυτοδιάγνωση, vi) τηλεχειρισμός και vii) εξωτερική μεταφορά δεδομένων.

9.2 ΝΕΑ ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ ΚΑΡΚΙΝΟΥ

Έτσι γίνεται η θεραπεία



1. Μαγνητικά νανოსωματίδια σιδήρου, επικαλυμμένα με σάκχαρο εισάγονται με ένεση απευθείας στον εγκεφαλικό όγκο του ασθενούς (Εικ. 78).

2. Τα καρκινικά κύτταρα αναπτύσσονται ραγδαία, γι' αυτό και χρειάζονται τροφή υπό μορφή σακχάρου. Δεσμεύουν τα νανοςωματίδια- κάτι που δεν κάνουν τα γύρω υγιή κύτταρα.

Εικόνα 78: Μέρη ανθρώπινου σώματος που θεραπεύει η νανοτεχνολογία.

3. Σε έναν ειδικό τομογράφο, ο ασθενής εκτίθεται σε μαγνητικό πεδίο, το οποίο ανεβάζει τη θερμοκρασία των νανοσωματιδίων στους 70 βαθμούς. Η θερμότητα καταστρέφει τα κύτταρα του όγκου.

4. Ο όγκος διαλύεται και τα νεκρά καρκινικά κύτταρα απελευθερώνουν τα νανοσωματίδια, που απορροφώνται ξανά από καρκινικά κύτταρα που επιβίωσαν. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να καταστραφούν όλα τα κύτταρα του όγκου.

Οι προσδοκίες για τα νανοσωματίδια είναι μεγάλες, και υπάρχουν πολλές ενδείξεις ότι σύντομα θα προκύψουν οφέλη για τους καρκινοπαθείς. Τα συνήθη φαρμακευτικά σκευάσματα πρέπει να περάσουν από πολύ αυστηρές διαδικασίες για να εγκριθούν, πράγμα που σημαίνει ότι συχνά περνούν πολλά χρόνια προτού κυκλοφορήσουν στην αγορά. Επειδή, όμως, τα νανοσωματίδια είναι από τη φύση τους πολύ ακίνδυνα, δε θεωρούνται φάρμακα με τη συνήθη έννοια του όρου, αλλά μάλλον ένα είδος εργαλείων ή οργάνων. Αυτό σημαίνει ότι οι διαδικασίες έγκρισής τους μπορούν να επισπευσθούν κατά πολύ.

Νανοσφαιρίδια και υπέρυθρα λέιζερ εναντίον καρκινικών όγκων

Έχει επινοηθεί μια νέα τεχνική με αδρανή νανοσφαιρίδια, που μπορεί γρήγορα να καταστρέψει τους καρκίνους χωρίς χειρουργική επέμβαση και να αφήσει ακόμα τον περιβάλλοντα ιστό αβλαβή.

Οι θερμοκρασίες μέσα στους όγκους έφθασαν σε αρκετά υψηλά επίπεδα, έτσι ώστε να καταστρέψουν τα καρκινικά κύτταρα μέσα σε τέσσερα έως έξι λεπτά, σκοτώνοντας τους όγκους αλλά αφήνοντας τον περιβάλλοντα ιστό αβλαβή. Εάν τα προκαταρκτικά αποτελέσματά τους αποδειχθούν ότι είναι σωστά, η τεχνική θα μπορούσε να είναι ιδανική για την καταστροφή των μικρών καρκινικών όγκων, που είναι μικροί και ενσωματωμένοι σε ζωτικής σημασίας ιστό, όπως ο εγκέφαλος. Τα νανοκελύφη είναι τόσο μικροσκοπικά περίπου 120 nm, ή 1.500 φορές μικρότερα από το πάχος μιας ανθρώπινης τρίχας που μπορούν να ληφθούν εύκολα από τα κύτταρα, όπως έδειξαν οι επιστήμονες σε σειρά πειραμάτων που στοχεύουν στην ανάπτυξη της τεχνικής.

Οι επιστήμονες αρχικά έφτιαξαν σωματίδια από πυρίτιο διαμέτρου 110 νανομέτρων και με επίστρωση από χρυσό πάχους 10nm ο χρυσός επελέγη γιατί είναι βιολογικά αδρανής. Το χρυσό επίστρωμα στα κελύφη είναι όχι μόνο αβλαβή στο σώμα σαν το χρυσό δόντι στο στόμα αλλά με μια ρύθμιση του πάχους του σε σχέση με τον πυρήνα πυριτίου, οι ερευνητές ήταν σε θέση "να συντονίσουν" τα νανοκελύφη για να πάρουν έναν συγκεκριμένο τύπο φωτός κοντά στην εγγύς υπέρυθρη ζώνη. Όπως ο χρυσός, το φως κοντά στην εγγύς υπέρυθρη ζώνη δεν βλάπτει τον ζωντανό ιστό, αλλά όταν επέδρασε η ακτινοβολία πάνω στον χρυσό αυτός θερμάνθηκε μέχρι μια μέση τιμή 37° C, αρκετά για να πλήξει θανατηφόρα τα κύτταρα στα οποία τα νανοκελύφη είχαν δεσμευτεί.

Αφού από την επώαση καλλιεργημένων ανθρώπινων καρκινικών κυττάρων του στήθους σε ένα διάλυμα που περιέχει νανοκελύφη, οι ερευνητές εξέθεσαν τα επωασμένα κύτταρα μαζί με άλλα κύτταρα ελέγχου σε μια πηγή φωτός στην εγγύς υπέρυθρη ζώνη. Τα κύτταρα τότε εμφάνισαν τα σημάδια μιας αμετάκλητης θερμικής καταστροφής καθώς και τον θάνατο κυττάρων, ενώ τα κύτταρα ελέγχου παρέμειναν άθικτα καθώς το ανθρώπινο σώμα είναι διαφανές στην υπέρυθρη ακτινοβολία. Οι επιστήμονες ενέγχυσαν έπειτα νανοκελύφη σε αυξανόμενους όγκους σε ποντίκια και εξέθεσαν έπειτα τα ζώα σε χαμηλές δόσεις φωτός στην εγγύς υπέρυθρη ζώνη. Μέσα σε λίγα λεπτά, τα κύτταρα του καρκίνου είχαν καταστραφεί από την παραγόμενη θερμότητα. Ακόμα και αν τα σωματίδια εισαχθούν απλώς στην κυκλοφορία του αίματος θα συσσωρευτούν στους όγκους, καθώς τα αιμοφόρα αγγεία στις περιοχές αυτές είναι πιο διαπερατά. Η συμβατική χειρουργική επέμβαση είναι μια αποτελεσματική θεραπεία για τους καθορισμένους με σαφήνεια κύριους όγκους σε προσιτούς, μη ζωτικής σημασίας, ιστούς.

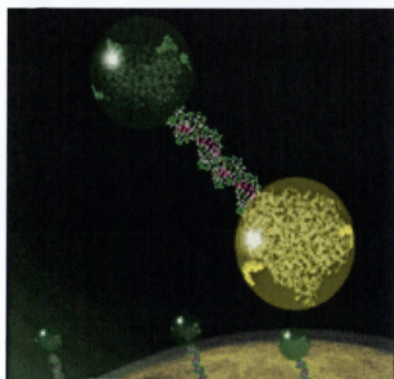
Οι εναλλακτικές επεξεργασίες όπως το λέιζερ και ο υπέρηχος είναι διαθέσιμες μόνο για τη θεραπεία των μικρών καρκίνων, που δεν ορίζονται σωστά και που ενσωματώνονται στους ζωτικής σημασίας ιστούς. Εντούτοις, οι περισσότερες μέθοδοι γίνονται είτε με εγχείριση είτε δεν κάνουν διακρίσεις μεταξύ των υγιών και των καρκινωδών κυττάρων. Άλλοι ερευνητές έχουν πειραματιστεί με θεραπείες που στηρίζονται σε χρωστικές ουσίες που εγχύνονται στα κύτταρα και που απορροφούν το, εγγύς στην υπέρυθρη ζώνη, φως αλλά η West και οι συνάδελφοι της έχουν εμφανίσει ότι τα νανοκελύφη είναι ενδεχομένως πολύ αποτελεσματικότερα. Υπολογίζουν ότι τα νανοκελύφη είναι πάνω από ένα εκατομμύριο φορές πιο κατάλληλο από ένα βαμμένο μόριο που φωτίζεται από ένα φωτόνιο και θερμαίνεται.

Ένα άλλο πλεονέκτημα που έχουν τα νανοκελύφη πάνω στις βαμμένες ουσίες είναι ότι οι βιοχημικοί μπορούν να δημιουργήσουν επιστρώματα για αυτά που τα κάνει "αόρατα" στο ανοσοποιητικό σύστημα του σώματος.

Το νανοκελύφη θα μπορούσαν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να διανείμουν βιολογικά ενεργά μόρια όπως είναι τα φάρμακα σε συγκεκριμένες περιοχές πριν ενεργοποιηθούν από μια εξωτερική πηγή ενέργειας, όπως είναι το φως, τα ραδιοκύματα ή τα ηχητικά κύματα.

Για να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα της μεταφοράς τα σωματίδια θα μπορούσαν να συνδεθούν με ειδικά αντισώματα που αναγνωρίζουν τα καρκινικά κύτταρα ενδεδυμένα με χρυσό, που είναι γνωστά ως νανοκελύφη, που μπορούν να εγχυθούν σε έναν καρκινικό όγκο και κατόπιν να θερμανθούν με μια υπέρυθρη ακτινοβολία..

Νανοσωλήνες άνθρακα και η συμβολή τους στην καταπολέμηση του καρκίνου



Νανοσωλήνες άνθρακα (Εικ.79) μικροσκοπικές ίνες καθαρού άνθρακα σε συνδυασμό με τροποποιημένες ακτίνες λέιζερ, λειτουργούν σαν μικροσκοπικές θερμάστρες που μπορούν επιλεκτικά να καταστρέψουν καρκινικά κύτταρα. Όταν εκτίθενται σε υπέρυθρη ακτινοβολία, οι νανοσωλήνες απελευθερώνουν το ενεργειακό τους πλεόνασμα με τη μορφή θερμότητας.

Εικόνα 79: Νανοσωλήνες άνθρακα.

Αυτή ακριβώς την ιδιότητά τους εκμεταλλεύτηκαν ερευνητές του Πανεπιστημίου του Στάνφορντ για να επιτεθούν σε καρκινικά κύτταρα. Ένα από τα μεγαλύτερα ιατρικά προβλήματα είναι το πώς μπορεί να θεραπευτεί ο καρκίνος χωρίς να προκληθούν βλάβες σε υγιείς ιστούς του σώματος. Προκειμένου να σιγουρευτούν ότι οι νανοσωλήνες θα προσκολληθούν μόνο σε καρκινικά κύτταρα, οι ερευνητές, τους κάλυψαν με φολικά μόρια, έτσι ώστε να συλλαμβάνονται από τους φολικούς υποδοχείς που βρίσκονται στην επιφάνεια των καρκινικών κυττάρων. Τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι εμφανή στον πόλεμο κατά του καρκίνου και οι επιστήμονες σύντομα να βελτιώσουν την τεχνική ώστε να μπορέσουν να τη δοκιμάσουν σε ανθρώπους.

Φορητός νεφρός προϊόν νανοτεχνολογίας

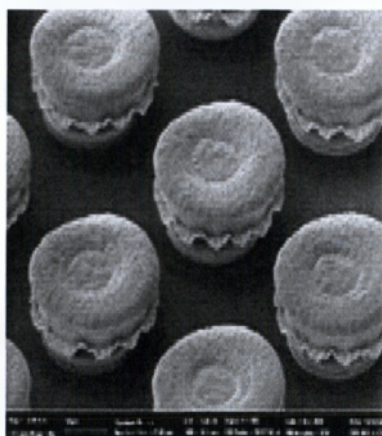
Νέα τεχνολογία δίνει ελπίδες σε νεφροπαθείς, καθώς ενδεχομένως να τους δοθεί η δυνατότητα να κάνουν αιμοκάθαρση μέσω μικρών φορητών ή ακόμα και εμφυτεύσιμων τεχνητών νεφρικών συστημάτων.

Πιο συγκεκριμένα, έχει κατασκευαστεί τεχνητός νεφρός^[22] μικρού μεγέθους τον οποίο φορά ο ασθενής με ειδική ζώνη, και μέσω του οποίου γίνεται κάθαρση σε αρκετά μεγάλο βαθμό, αφού οι τοξικές ουσίες (ουρία και Β2-μικροσφαιρίνη) μειώνονται σε σχεδόν φυσιολογικά επίπεδα. Η μέθοδος είναι σε πειραματικό στάδιο και ήδη εφαρμόζεται σε λίγους ασθενείς στην Ιταλία. Σύμφωνα με τους επιστήμονες, θα πρέπει πρώτα να αξιολογηθούν τα αποτελέσματα και οι τυχόν παρενέργειες προτού η ιατρική καινοτομία βγει στην αγορά.

Πάντως, αφ' ης στιγμής τα μέχρι τώρα αποτελέσματα είναι αρκετά ενθαρρυντικά, δεν αποκλείεται να ανοίξει η οδός για ακόμα μικρότερες «επαναστατικές» ιατρικές συσκευές, μέχρι και εμφυτεύσιμες. Η αλματώδης εξέλιξη της πληροφορικής συνέβαλε καθοριστικά στην ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας, η οποία προσφέρει ήδη σημαντικές δυνατότητες στην Ιατρική. Τα επόμενα χρόνια η νανοτεχνολογία θα επιφέρει σαρωτικές βελτιωτικές αλλαγές στο τομέα της νεφρολογίας.

Νανορομπότ

Οι ένθερμοι θιασώτες των θεωρητικών δυνατοτήτων των νανο-ρομπότς στην Ιατρική, υποστηρίζουν πως αυτά θα άλλαζαν στο σύνολό του τον κόσμο της Ιατρικής μόλις θα ήταν δυνατόν να γίνουν πραγματικότητα.



Η Νανοϊατρική θα χρησιμοποιούσε τα νανο-ρομπότς αυτά όπως σαν υπολογιστικά γονίδια. Θα τα εισήγαγε στον οργανισμό με σκοπό να μπορούν να ανιχνεύσουν καταστροφές ιστών και μολύνσεις.

Εικόνα 80: Nano burgers with lettuce": Η φωτογραφία που κέρδισε το πρώτο βραβείο στον διαγωνισμό καλύτερης φωτογραφίας από μικροσκόπιο.

²² Όπως αναφέρεται σε άρθρο της εφημερίδας «Η Ναυτεμπορική».

Ένα συμβατό με το αίμα νανο-ρομπότ δεν θα έπρεπε να έχει διαστάσεις μεγαλύτερες των 0,3-3 μm. Αυτό για να μπορεί να ρέει μέσα στα τριχοειδή αγγεία. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το στοιχείο του άνθρακα λόγω των χημικών του ιδιοτήτων να μπορεί να συμμετέχει σε διάφορες μορφές (γνωστά άλλωστε είναι τα συνθετικά διαμάντια). Θα μπορούσαν τα νανο-ρομπότ να κατασκευαστούν με βάση υπολογιστικά προγράμματα υπολογιστού γραφείου ειδικά για τον σκοπό αυτό. Οι νανοκατασκευές αυτές που θα κυκλοφορούσαν μέσα στον οργανισμό θα μπορούσαν ευχερώς να παρατηρηθούν με μαγνητική τομογραφία (MRI). Αυτό θα γινόταν ακόμα ευχερέστερα αν η κατασκευή τους περιείχε το ισότοπο του C13 αντί του φυσικού C12. Ο C13 έχει μαγνητικό πεδίο διάφορο του μηδενός.

Οι νανοκατασκευές αυτές θα εκτελούνταν πρώτα μέσα στον ανθρώπινο οργανισμό και στην συνέχεια θα προσανατολιζόνταν να εργαστούν σε ένα συγκεκριμένο όργανο ή ιστό. Ο ιατρός θα μπορεί να παρακολουθεί ένα τμήμα του σώματος και να δει στην πραγματικότητα αν οι νανοκατασκευές έχουν συναθροιστεί γύρω από τον στόχο τους μπορεί να είναι ένας όγκος όπως και έτσι να είναι βέβαιος πως η διαδικασία είναι επιτυχής.

Τα πλεονεκτήματα της νανοϊατρικής



Οι ιδιότητες της ύλης στο μοριακό επίπεδο διαφέρουν σημαντικά από αυτές των μακροσκοπικών υλικών. Με τρόπο ανάλογο, η νανο-ιατρική διαφέρει ουσιαστικά από τη συμβατική ιατρική σε πολλές πτυχές της.

Εικόνα 81: *Νανορομποτικό εξάρτημα.*

Η διαγνωστική προσέγγιση της παραδοσιακής ιατρικής πραγματοποιείται σε επίπεδο ιστού, με την έκφραση των συμπτωμάτων μίας ασθένειας, η οποία μπορεί να βρίσκεται ήδη σε προχωρημένο στάδιο. Στη νανο-ιατρική, αντίθετα, έχουμε τη δυνατότητα

ανίχνευσης αλλαγών και προβλημάτων σε μοριακό επίπεδο και άμεσης αντιμετώπισής τους, προτού ακόμα παρατηρηθούν κάποιες ενοχλήσεις ή εμφανείς (με τις συνηθισμένες μεθόδους) αλλοιώσεις. Η πρόωμη αυτή διαγνωστική και θεραπευτική αντιμετώπιση μπορεί να οδηγήσει σε δραματική βελτίωση της πρόγνωσης των ασθενών. Η κλασική ιατρική μελετάται και σχεδιάζεται με σημείο αναφοράς κάποιες ομάδες ατόμων που παρουσιάζουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά (φυσιολογικά και παθολογικά κριτήρια). Αντίθετα, η νανο-ιατρική απευθύνεται σε συγκεκριμένους κυτταρικούς πληθυσμούς του συγκεκριμένου ασθενή, παρέχοντας έτσι τη δυνατότητα στοχευμένης θεραπείας, με αποτελεσματικότερη δράση και παράλληλα μείωση της δόσης και των παρενεργειών στον υπόλοιπο οργανισμό. Στα πλεονεκτήματα της νανο-ιατρικής συμπεριλαμβάνονται, επίσης, οι νέες δυνατότητες που παρέχει για την κατασκευή μικρών φορητών ή εμφυτεύσιμων βιοσυμβατών συστημάτων, προσφέροντας παράλληλα ευκολία στο χειρισμό για το μη ειδικό χρήστη, αλλά και μείωση του κόστους.

9.3 ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΚΛΑΣΣΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ

Παραδοσιακή ιατρική (Top down approach)	Νανο-ιατρική (Bottom-up approach)
Επίπεδο ιστού	Μοριακό επίπεδο
Συμπτώματα, προχωρημένο στάδιο ασθένειας	Χωρίς συμπτώματα, αρχικό στάδιο
Μη έγκαιρη διάγνωση-> κακή πρόγνωση	Πρώιμη διάγνωση->αύξηση %επιβίωσης
Θεραπείες σχεδιασμένες για ομάδες ασθενών	Επεμβάσεις σε κυτταρικούς πληθυσμούς
Συχνά έλλειψη αποτελεσμάτων	Στοχευμένη αποτελεσματική θεραπεία
Ανεπιθύμητες ενέργειες σε άλλα συστήματα	Μείωση στον υπόλοιπο οργανισμό
Ογκώδης εξοπλισμός, χρήση σε ειδικό χώρο	Φορητά συστήματα, ευκολία Ογκώδης εξοπλισμός, χρήση σε ειδικό χώρο
Απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό	Πρόσβαση στο μη ειδικό χρήστη
Υψηλό κόστος εφαρμογής	Χαμηλότερο κόστος

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: Πλεονεκτήματα της νανοτεχνολογίας σε σύγκριση με την κλασσική ιατρική.

Παρενέργειες νανοτεχνολογίας

Από την ουτοπία της απόλυτης υπόσχεσης η νανοτεχνολογία έχει περάσει τώρα στο μικροσκόπιο των ερευνητών για πιθανές «παρενέργειες» της χρήσης της στην καθημερινότητα. Από αόρατα αντηλιακά ως ρομποτικούς γιατρούς που θα μας επιδιορθώνουν εκ των έσω, περιδιαβαίνοντας στις αρτηρίες μας. Η νανοτεχνολογία εμφανίζεται ως το μέλλον της τεχνολογίας. Όπως όμως συμβαίνει με κάθε καινούργια ανακάλυψη, έτσι και με την κατάκτηση του μικρόκοσμου. Την αρχική ευφορία έχει αντικαταστήσει ο σκεπτικισμός για πιθανές βλάβες στην υγεία που μπορεί να προκληθούν από την ανεξέλεγκτη εισβολή νανοσωματιδίων στην καθημερινότητά μας. Οι πρώτες μελέτες και κάποια λίγα ευτυχώς κρούσματα είναι αρκετά για να κρούσουν τον κώδωνα του κινδύνου. Προτού γενικευτεί η χρήση της τεχνολογίας θα πρέπει να γίνει έλεγχος της ασφάλειάς της για να αποφύγουμε τα χειρότερα, αλλά και για να μην καταδικάσουμε μια πολλά υποσχόμενη βιομηχανία προτού καλά καλά αρχίσει να αποδίδει καρπούς.

Κίνδυνοι νανοτεχνολογίας

Οι εταιρείες ήδη πέζονται να ακολουθήσουν τον καταγιστικό ρυθμό της τεχνολογικής αλλαγής. Αυτή η βιασύνη μάλλον θα ενταθεί και σίγουρα θα επεκταθεί. Παράλληλα με το πλήθος θαυμαστών και χρήσιμων εφαρμογών που θα επιφέρει η νανοτεχνολογία μέχρι το 2020, οι επιστήμονες νανοτεχνολόγοι πιστεύουν ότι οι συνέπειες θα είναι καταστροφικές. Καταρχάς, τα νανοσωματίδια προκαλούν ανησυχία στην παγκόσμια κοινή γνώμη, γιατί αποτελούν (λόγω των ιδιαίτερων ιδιοτήτων τους) νέα υλικά, τα οποία μπορούν, χάρη στο μικροσκοπικό τους μέγεθος, να εισχωρήσουν παντού, ακόμη και στο ανθρώπινο σώμα, με απρόβλεπτες και άγνωστες μέχρι στιγμής συνέπειες. Σαν αόρατος κίνδυνος προκαλούν φόβο.

Η ανησυχία κορυφώνεται στη σκέψη ότι τέτοιες συσκευές ίσως να μην περιοριστούν σε στρατιωτικές χρήσεις, αλλά σταδιακά, σε ένα νοσηρό και όχι τόσο μακρινό μέλλον. Επιπρόσθετα, τα νανοσωματίδια έχουν διαφορετικές ιδιότητες από ότι τα ανάλογα υλικά σε κανονική κλίμακα, οι οποίες δεν έχουν μελετηθεί σε σχέση με τους κινδύνους που επιφυλάσσουν για την ανθρώπινη υγεία και για το περιβάλλον. Δεν είναι απίθανο κάποια νανοσωματίδια να είναι τοξικά ακόμα και αν τα υλικά από τα οποία προέρχονται δεν έχουν τοξικές ιδιότητες ή λόγω μεγαλύτερης επιφάνειας στη νανοκλίμακα να παρουσιάζουν υψηλότερη τοξικότητα από ότι τα αρχικά υλικά. Στην ουσία οι

διαφορετικές τους ιδιότητες σε ναοκλίμακα τα καθιστούν εντελώς νέα υλικά, για τα οποία γνωρίζουμε ελάχιστα, πόσο μάλλον για τους κινδύνους που επιφυλάσσουν.

Όμως, όπως κάθε τεχνολογία αιχμής, η νανοτεχνολογία έχει αμυντικό ή επιθετικό χαρακτήρα, καθώς και θετικές ή αρνητικές συνέπειες. Κρύβει κινδύνους, αλλά παρουσιάζει και πλεονεκτήματα. Είναι γεγονός ότι η νέα επιστήμη έχει επηρεάσει τη ζωή μας και πρόκειται να την αλλάξει πολύ περισσότερο στο άμεσο μέλλον.

Morgellons: η αρρώστια της νανοτεχνολογίας

Εδώ και μερικά χρόνια έχει παρουσιαστεί μια αρρώστια που θυμίζει επιστημονική φαντασία και χαρακτηρίζεται «Παραισθησιακή Παρασίτωση». Τα βασικά συμπτώματα είναι τα εξής: Αρχικά, δημιουργείται η αίσθηση ότι κάτι περπατάει κάτω από το δέρμα. Κατόπιν παρουσιάζονται εξογκώματα και στην συνέχεια έλκη, από όπου βγαίνουν φωσφορίζουσες ίνες. Ο άνθρωπος διαλύεται προοδευτικά εξαιτίας της αναμικτής λειτουργίας του οργανισμού του. Επίσημως δεν αναγνωρίζεται σαν αρρώστια και τους βγάζουν όλους τρελούς.

Μερικοί γιατροί που νοσούν οι ίδιοι, διεξάγουν μόνοι τους έρευνα με ηλεκτρονικά μικροσκόπια. Η νανοτεχνολογία και η ναοιατρική έχουν υλοποιήσει κάτι εφιαλτικό. Αυτές οι ίνες μοιάζουν να έχουν νοημοσύνη. Αναπαράγουν δια αντιγραφής τον εαυτό τους στο ανθρώπινο σώμα, στο ζώο ή στο φυτό που χρησιμοποιούν σαν ξενιστή, βάσει της εσωτερικής τους γενετικής τους κωδικοποίησης και των ενσωματωμένων εντολών. Ένα από τα πολλά είδη των εν λόγω ινών, η μπλε ίνα, έχει χρυσή κεφαλή με ενσωματωμένη κάμερα και φλας. Ελέγχεται από ασύρματα δίκτυα βαθμωτών πεδίων. Τα «Μέσα Μαζικής Κατεύθυνσης» κάνουν ελάχιστες αναφορές στο θέμα των Morgellons και προσπαθούν να μας πείσουν ότι αφορά δερματική διαταραχή. Οι ίνες εικ. 10 διατρέχουν τον οργανισμό, αναπαράγονται αφάνταστα γρήγορα, καταστρέφουν το DNA και το αντικαθιστούν με κάποιο είδος πρωτεΐνης. Αυτό σημαίνει ότι αν κάποιος έρθει σε επαφή με τα Morgellons, ο οργανισμός του τα αναγνωρίζει και τα αναπαράγει συνεχώς. Επίσης, ότι επικοινωνούν μεταξύ τους με αυτοργανούμενα ασύρματα δίκτυα. Το περίβλημα τους αποτελείται από (HDPE) δηλαδή από υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο, το οποίο χρησιμοποιείται για την κατασκευή οπτικών ινών. Το υλικό αυτό χρησιμοποιείται ευρύτατα στη βιομηχανία βιονανοτεχνολογίας εδώ και χρόνια, κυρίως για την ενθυλάκωση των νιρον. Τα νιρον είναι 150 φορές μικρότερα από τους ιούς. Αυτά περιλαμβάνουν DNA, RNA, RNAi (μεταλλαγμένο RNA) η δακτυλιοειδή πλασμίδια για ειδικές λειτουργίες.

Φυσικά, οι βιοψίες ασθενών των Morgellons δείχνουν μεταξύ άλλων κατά κόρον Σιλικόνη και Γυάλινα Σωληνάκια. Η σιλικόνη δεν παράγει πυρίτια (silica-gel, SiO₂), γυάλινα σωληνάκια δηλαδή. Όμως η δικαρβονική silica μπορεί να παράγει σιλικόνη μέσω φυσικών κυτταρικών αντιδράσεων σε ένα βιολογικό σύστημα.

Το προφίλ της Αρρώστιας των Morgellons, όπως το Καθόρισαν οι Ερευνητές

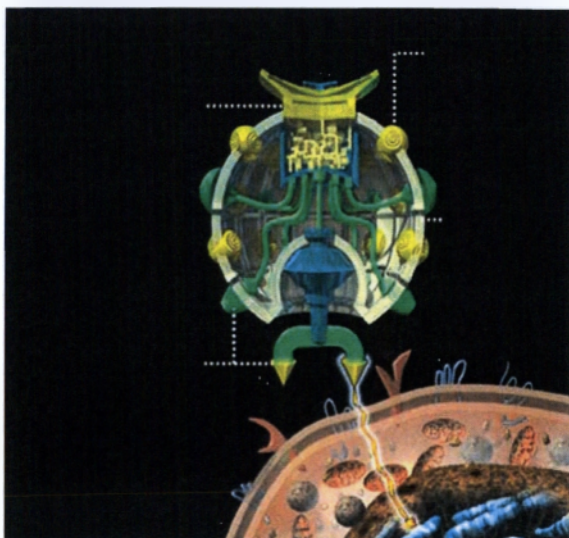
Εν ολίγοις πρόκειται για μια σχεδιασμένη, μεταδιδόμενη εισβολή νανοτεχνολογίας στους ανθρώπινους ιστούς με τη μορφή αυτοσυναρμολογούμενων, αυτοαναπαραγόμενων ορατών σωληνίσκων, έγχρωμων ινών, διατάξεων, συρμάτων και άλλων ορατών μορφών, που μοιάζουν με αισθητήρες και κεραίες. Μεταφέρουν δε τα περισσότερα γενετικά μεταλλαγμένα DNA/RNA. Αυτές οι νανο-μηχανές ευνοούνται από περιβάλλον αλκαλικού PH και χρησιμοποιούν την βιο-ηλεκτρική ενέργεια του σώματος, τα μεταλλικά ιχνοστοιχεία και άλλα μη αναγνωρισμένα ακόμη στοιχεία ως πηγές ενέργειας. Αυτό δεν σημαίνει ότι επιδιώκουμε ένα όξινο PH αλλά το φυσιολογικό, δηλαδή +/-7,5. Υπάρχουν αποδείξεις ότι αυτές οι μικροσκοπικές μηχανές έχουν τις δικές τους εσωτερικές “μπαταρίες”. Επίσης, είναι πιθανό να λαμβάνουν συντονισμένα μικροκύματα , σήματα EMF, ELF και πληροφορίες. Για ποιο λόγο είναι άγνωστο. Τα συμπτώματα αρχίζουν με έλκη στο δέρμα όλου του σώματος , που δεν πιάνουν κρούστα, “ποτέ” δεν μολύνονται από βακτηρίδια και επουλώνονται εξαιρετικά αργά. Τα νοητικά και νευρολογικά συμπτώματα περιλαμβάνουν “θόλωμα” του μυαλού, σοβαρές διαταραχές στην προσωπικότητα, φοβίες, κατάθλιψη, προβλήματα κινητικού συντονισμού.

Τα θύματα των Morgellons υποφέρουν από απότομες μεταβολές της θερμοκρασίας του σώματος, έντονη δυσφορία και χρόνια κόπωση. Είναι βεβαιωμένο ότι τα Morgellons βρίσκονται σε όλα τα σωματικά υγρά και τις οπές του σώματος. Έχουν βρεθεί στις αρθρώσεις και πιστεύεται ότι είναι μηχανική η συστηματική διείσδυση σε όλο το σώμα. Αναφέρεται από όλους τους ασθενείς ότι οι μηχανές των Morgellons έχουν ομαδική συνείδηση. Επικοινωνούν σίγουρα μεταξύ τους μέσω βακτηριδίων και ιών. Μια και αντέχουν σε θερμοκρασίες άνω των 760 βαθμών Κελσίου, η αποστείρωση των επαναχρησιμοποιούμενων ιατρικών εργαλείων (χειρουργεία, οδοντιατρεία) είναι άχρηστη. Υπάρχουν σημαντικά στοιχεία ότι η μετάδοση μόλυνση σχετίζεται με τις ίνες που βρίσκονται στα υλικά των αεροψεκασμών.

Νανορομποτικά συστήματα του μέλλοντος

Τις επόμενες δεκαετίες, τα μοριακά μηχανικά συστήματα και νανο-ρομπότ μπορεί να αποτελέσουν τα νέα επαναστατικά και ισχυρότατα εργαλεία για την καταπολέμηση και την πρόληψη των ασθενειών και της γήρανσης του οργανισμού. Η ικανότητα των νανο μηχανών να «αντιλαμβάνονται» έργο, θερμότητα, φως, χημικά ή άλλα ερεθίσματα μέσα στο ίδιο το οικοσύστημα της δράσης τους, σε συνδυασμό με τη δυνατότητά τους να αποσυνθέτουν την ύλη σε μοριακό επίπεδο, φέρνει πολλές ελπιδοφόρες μελλοντικές εφαρμογές για την ανίχνευση κι εξουδετέρωση τοξικών (χημικών και οργανικών), λοιμογόνων ή καρκινογόνων παραγόντων. Σύμφωνα με τα υποθετικά σχέδια των ερευνητών, τα υβριδικά μηχανικο-βιολογικά νανο-συστήματα θα μπορούν να αλληλεπιδρούν με τα κύτταρα του οργανισμού στη νανο-σκάλα, να προσαρμόζονται στη νανο-βιόσφαιρά τους και να αυτο-αναπαράγονται, ενώ το DNA θα χρησιμοποιείται σα δομικό συστατικό μικρο-υπολογιστών και νανο-μηχανών, στις οποίες θα μπορεί να παρέχει συγχρόνως ισχύ και λειτουργικό έλεγχο (DNA nano-scale robotic actuator). Οι μελέτες των ερευνητών για τις μελλοντικές εφαρμογές που μπορεί να προκύψουν από τον τομέα αυτόν επεκτείνονται σε πολλούς τομείς της νανο-ιατρικής, ορισμένοι από τους οποίους είναι οι παρακάτω:

1. Νανο-αισθητήρες και νανο-καθετήρες, ικανοί να παρακολουθούν και να καταγράφουν μεταβολές και διαδικασίες σε επίπεδο ενός κυττάρου.



2. Νανο-χειρουργικά εργαλεία («κυτταρικής χειρουργικής»), π.χ. νανο-λαβίδες ικανές για το χειρισμό μακρομορίων στις τρεις διαστάσεις.

3. Νανο-ρομποτικά συστήματα με λειτουργίες υποκατάστασης συγκεκριμένων κυττάρων του οργανισμού, όπως αυτών του αίματος (Εικ. 82):

Εικόνα 82: Νανορομπότ για τη διάγνωση και θεραπεία σε επίπεδο κυττάρου.

- Τεχνητά-μηχανικά αιμοπετάλια (clottocytes) για 100-1.000 φορές ταχύτερη αιμόσταση (1 sec) και σε πολύ μικρότερη συγκέντρωση (0,01%) της φυσιολογικής, μέσω της

στοχευμένης απελευθέρωσης ενός ινώδους πλέγματος που θα αιχμαλωτίζει τα ερυθρά αιμοσφαίρια.

- Νανο-ρομποτικά φαγοκύτταρα (microbivores), 1.000 φορές ταχύτερα (από κάθε φαρμακευτική αγωγή ή φυσιολογική άμυνα) για την καταστροφή των ανεπιθύμητων παραγόντων και των αιματικών θρόμβων τεχνητά μηχανικά ερυθρά αιμοσφαίρια (respirocytes), τροφοδοτούμενα από τη γλυκόζη του ορού και ικανά να μεταφέρουν 236 φορές περισσότερο οξυγόνο με τρόπο που θα μιμείται τη δράση της αιμοσφαιρίνης. Παρόλα αυτά, είναι πολλά ακόμη τα εμπόδια και τα ερευνητικά στάδια που θα πρέπει να ξεπεραστούν προτού να μπορέσουν ίσως τα συστήματα αυτά να περάσουν, από το χώρο της επιστημονικής θεωρίας, στην εφαρμόσιμη πραγματικότητα.

Συμπεράσματα και προοπτικές

Μέχρι σήμερα, η επιστήμη της νανο-σκάλας έχει ήδη εισχωρήσει στα μεγαλύτερα πεδία της ιατρικής έρευνας, καθώς επεκτείνεται με πολύ γρήγορους ρυθμούς και με αναρίθμητες εφαρμογές σε διαφορετικές κατευθύνσεις. Η νανο-ιατρική τεχνολογία βρίσκεται μόλις στο ξεκίνημά της, με πολλές προοπτικές που οδηγούν σε σημαντικά οφέλη για την αντιμετώπιση των διαφόρων ασθενειών και τη βελτίωση του βιοτικού μας επιπέδου, αλλά και με πολλούς ακόμα αδιερεύνητους παράγοντες. Η κλινική έρευνα θα πρέπει οπωσδήποτε να συμπεριλαμβάνει την εξέταση όλων των παραμέτρων για την πρόληψη κι αποφυγή των πιθανών κινδύνων. Οι εφαρμογές της νανο-ιατρικής στη δερματολογία και στη δερματοχειρουργική καλύπτουν ήδη πολλά διαφορετικά πεδία της διαγνωστικής, της θεραπευτικής, της παρακολούθησης και πρόληψης, της επανορθωτικής και κοσμητικής δερματολογίας και της σύγχρονης φαρμακευτικής τεχνολογίας. Τα πεδία έρευνας της νανο-δερματολογίας επεκτείνονται ακόμα στους χώρους της ανοσοθεραπείας, της φωτοβιολογίας, της μοριακής ιατρικής, της βιοπληροφορικής κ.ά.

Ο εμπλουτισμός της ιατρικής μεθοδολογίας και των ιατρικών εργαλείων από τη μελέτη στις μικρότερες σκάλες μεγεθών και η σύνθεση της ύλης ξεκινώντας από το μοριακό επίπεδο, μας παρέχει πολλές νέες δυνατότητες για περισσότερο ακριβείς, ελεγχόμενες, αποτελεσματικές, ασφαλείς, αξιόπιστες, οικονομικές και γρήγορες διαδικασίες. Είναι αναμενόμενο ότι τα επόμενα χρόνια θα αντιμετωπίζονται πολλά δερματολογικά προβλήματα με τη χρήση αρκετών νέων νανο-δομημένων υλικών και εξελιγμένων εύχρηστων νανο-τεχνολογικών διατάξεων, οι οποίες μπορούν να κατασκευαστούν ήδη με τα σύγχρονα δεδομένα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

10.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αν και η ιδέα των ευφυή συστημάτων ξεκίνησε ως έργο επιστημονικής φαντασίας, τα ρομποτικά συστήματα κατέχουν σημαντικό ρόλο στον τρόπο ζωής του σύγχρονου ανθρώπου. Τα χειρουργικά ρομπότ αποτελούν ήδη αναπόσπαστο κομμάτι των ιατρικών επιστημών. Από το αρχικό σχέδιο του robot για την εφαρμογή της τηλεχειρουργικής μέχρι την πρώτη υπερατλαντική επέμβαση λαπαροσκοπικής χειρουργικής έχει σημειωθεί εξαιρετική πρόοδος και η ρομποτική έχει πλέον καθιερωθεί στη χειρουργική πρακτική. Ευφυή συστήματα είναι διαθέσιμα στο εμπόριο η αξία των οποίων έχει ήδη υποβληθεί σε αυστηρή επιστημονική αξιολόγηση με τη βοήθεια κλινικών δοκιμών. Για παράδειγμα, οι δυνατότητες που προσφέρει το σύστημα da Vinci δίνει το πλεονέκτημα της μείωσης του χρόνου νοσηλείας, του κόστους καθώς και της ανώδυνης επέμβασης με ευεγερτικά αποτελέσματα για τους ασθενείς αλλά και οικονομικά οφέλη για τα νοσοκομεία. Επιπλέον, μία δυνατότητα είναι η συγχώνευση των εικόνων από τις απεικονιστικές εξετάσεις του ασθενούς (αξονικής και μαγνητικής τομογραφίας) με την εικόνα του χειρουργικού πεδίου για την καλύτερη καθοδήγηση του χειρουργού . Τα δεδομένα αυτά μπορούν εξίσου να χρησιμοποιηθούν για την εκτέλεση προεγχειρητικών δοκιμών σε περίπλοκες επεμβάσεις. Τα ρομποτικά συστήματα δίνουν επίσης τη δυνατότητα για καθοδήγηση των επεμβάσεων από απόσταση, ενώ παρέχει και ευκαιρίες για την εκπαίδευση και αξιολόγηση των νέων χειρουργών . Πρέπει, ωστόσο, να αναγνωριστεί ότι η τηλεχειρουργική αποτελεί μία μόνο πτυχή του τομέα της τηλεϊατρικής, όλα τα πεδία της οποίας συμβάλλουν σημαντικά στη βελτίωση της παροχής ιατρικής φροντίδας σε ασθενείς όπως η νανοτεχνολογία.

Αν και η αποτελεσματικότητα των ρομποτικών χειρουργικών συστημάτων μέσα στη χειρουργική αίθουσα έχει αποδειχθεί, είναι απαραίτητο να επισημανθούν μία σειρά από προβλήματα που σχετίζονται με το υψηλό κόστος απόκτησης και συντήρησής τους και τον όγκο που αυτά καταλαμβάνουν μέσα στη χειρουργική αίθουσα (π.χ. σύστημα da Vinci, zeus). Το πιο σημαντικό, βέβαια, είναι η κατάρτιση του ιατρικού και νοσηλευτικού προσωπικού τους και η αποδοχή αυτής της διαφορετικής τεχνολογίας τόσο από τους χειρουργούς όσο και τους ασθενείς.

Οι κατασκευαστές των ρομποτικών χειρουργικών συστημάτων υποστηρίζουν ότι αυτή είναι μόνο η αρχή. Τα προϊόντα αυτά θα συνεχίσουν να εξελίσσονται προκειμένου να διορθωθούν τυχόν περιορισμοί τους. Σκοπός των ερευνητών είναι να αναπτύξουν υψηλής

απόδοσης συστήματα που θα επιτρέπουν στους χειρουργούς να αισθάνονται και να διαχειρίζονται με φυσικό τρόπο τους ιστούς κατά τη διάρκεια των επεμβάσεων. Τα σημερινά συστήματα βασίζονται κυρίως στην εικόνα (visual feedback). Μεγεθυμένα τρισδιάστατα μοντέλα καθοδηγούν τους χειρουργούς υποδεικνύοντάς τους τις παραμορφώσεις των ιστών, ώστε να μπορούν αυτοί να υπολογίζουν πόση δύναμη ασκεί το ρομποτικό σύστημα. Οι χειρουργοί, όμως, είναι συνηθισμένοι να χρησιμοποιούν τα χέρια τους κατά τη διάρκεια των επεμβάσεων και έχουν μάθει να βασίζονται στις πληροφορίες που τους προσφέρει η ψηλάφηση των ιστών στις επεμβάσεις της κλασικής ανοικτής χειρουργικής. Η εξοικείωση των χειρουργών με τη νέα τεχνολογία αποτελεί ένα ακόμη σημαντικό ζήτημα. Η επιφυλακτικότητα με την οποία αντιμετωπίζουν την εισαγωγή της ρομποτικής στη χειρουργική μπορεί να χαρακτηριστική ως φυσιολογική και αναμενόμενη, καθώς η χειρουργική εκπαίδευση δεν έχει αλλάξει σχεδόν καθόλου για περισσότερο από έναν αιώνα. Αν και πολλοί, νέοι κυρίως, χειρουργοί εκδηλώνουν ενδιαφέρον για τα ρομποτικά συστήματα, λίγα ιδρύματα προσφέρουν την απαιτούμενη εκπαίδευση. Η ένταξη της ρομποτικής χειρουργικής επιφέρει και σημαντικές αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο οι τελευταίοι αποκτούν τις χειρουργικές τους ικανότητες, αφού πλέον η εξάσκηση θα γίνεται σε εικονικά περιβάλλοντα χωρίς να τίθενται θέματα για την ασφάλεια των ασθενών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 - ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

11.1 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

Οι κατασκευαστές των ευφυή χειρουργικών συστημάτων υποστηρίζουν ότι τα σύγχρονα ρομποτικά συστήματα είναι μόλις η αρχή. Τα προϊόντα αυτά θα εξελιχθούν προκειμένου να διορθωθούν οι περιορισμοί τους. Για παράδειγμα το da Vinci και το Zeus που δε διαθέτουν ανάδραση δύναμης. Για το λόγο αυτό, σκοπός των ερευνητών όπως αναφέρθηκε παραπάνω είναι να αναπτύξουν υψηλής απόδοσης υπολογιστικά και μηχανικά συστήματα που θα επιτρέψουν στους χειρουργούς να αισθάνονται και να διαχειρίζονται «φυσικά» τους ιστούς κατά τη διάρκεια μιας επέμβασης.

Το πανεπιστήμιο του Berkley στην Καλιφόρνια έχει σχεδιάσει διάταξη που θα μπορέσει να χρησιμοποιηθεί για να γίνουν αντιληπτές από απόσταση, οι ιδιότητες επαφής. Για να παρασχεθεί η τοπική πληροφορία του σχήματος, μια διάταξη παραγωγής δύναμης μπορεί να δημιουργήσει κατανομή δύναμης σε ένα δάκτυλο, συνθέτοντας μια προσέγγιση παρόμοια με την πραγματική επαφή. Το εργαστήριο Bio – ρομποτικής του Πανεπιστημίου Harvard έχει δημιουργήσει συστήματα για εφαρμογές τηλεχειρουργικής για να μεταδίδουν πληροφορία αφής από το σώμα του ασθενή στα άκρα των δακτύλων του χειρουργού κατά τη διάρκεια MIS. Αυτά περιλαμβάνουν αισθητήρες αφής που μετρούν την κατανομή της πίεσης πάνω στα εργαλεία καθώς διαχειρίζονται τον ιστό. Τα σήματα από αυτούς τους αισθητήρες λαμβάνονται από ένα υπολογιστικό σύστημα το οποίο θα εφαρμόσει αλγόριθμους για την επεξεργασία των σημάτων αυτών. Τελικά η πληροφορία της αφής θα μεταδοθεί στο χειρουργό μέσω μιας διάταξης που θα επαναδημιουργήσει την κατανομή της πίεσης στις άκρες των δακτύλων του χειρουργού. Η διάταξη του πρότυπου συστήματος περιλαμβάνει μια σειρά από 10 «καρφίτσες» που υψώνονται μόλις το χειρουργικό εργαλείο αγγίζει τον ιστό, δημιουργώντας στις άκρες των δακτύλων την αίσθηση της αφής. Με αυτό το σχεδιασμό κάθε ακίδα μπορεί να κινηθεί 3 mm προς τα πάνω παράγοντας δύναμη έως και 1 N. Η τεχνολογία αυτή έχει σκοπό να αυξήσει την ασφάλεια και την αξιοπιστία της MIS.

Ένας ακόμα περιορισμός είναι ότι, ο χειρουργός μπορεί με τα σύγχρονα ρομποτικά εργαλεία να φτάσει ιστούς μέσα σε ένα τρισδιάστατο χώρο, όμως δεν μπορεί να ελέγξει πλήρως τον προσανατολισμό τους. Αυτό δεν αποτελεί εμπόδιο σε απλές διαδικασίες όμως κάνει δυσκολεύει εξαιρετικά, πολύπλοκες διαδικασίες όπως ραφή ιστών και δέσιμο

κόμπων. Για να αντιμετωπιστούν αυτές οι δυσκολίες τα Πανεπιστήμια αυτά έχουν σχεδιάσει τελικούς επενεργητές με πολλούς βαθμούς ελευθερίας και ένα κατάλληλο interface για να κατασκευάσουν λαπαροσκοπικός χειριστές που να έχουν μεγάλο βαθμό κινητικότητας (πιο ευέλικτα) και πιο επιδέξια. Επίσης έχουν σχεδιάσει μια πρωτότυπη σαν γάντι συσκευή, που αισθάνεται τις θέσεις του καρπού και των δακτύλων του χειρουργού, με αισθητήρες που έχουν τοποθετηθεί στο δείκτη και στον καρπό (αισθητήρες ανίχνευσης περιστροφής και κάμψης). Το γάντι παρέχει ένα πιο φυσικό τρόπο ελέγχου από τα σύγχρονα ελάχιστα παρεμβατικά εργαλεία. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν master unit για να οδηγήσει τα μικρά ρομποτικά εργαλεία (slave unit), σε περίπτωση που δεν χρειάζεται ανάδραση δύναμης. Μελετώντας τα συστήματα κάποιος θα μπορούσε να ρωτήσει εάν θα ήταν καλή ιδέα να πάμε ένα βήμα πιο πέρα ώστε να συσταθούν αυτόνομα ρομπότ. Υπάρχουν μερικές ενστάσεις για το γιατί τα αυτόνομα ευφυή συστήματα- ρομπότ δεν είναι ακόμα ευπρόσδεκτα:

1. Θα χρειαστούν κάποιες δεκαετίες ακόμα για να μπορέσουν τα κομπιούτερ να φτάσουν την ανθρώπινη νόηση και διορατικότητα που πρέπει να έχουν για να μπορέσουν να διαχειριστούν το ευαίσθητο ανθρώπινο σώμα.
2. Το περιβάλλον ενός χειρουργείου είναι πολύπλοκο για την εφαρμογή τέτοιων συστημάτων.
3. Οι χειρουργοί είναι δύσπιστοι και φοβούνται μηχανήματα που αναλαμβάνουν εξολοκλήρου το έργο τους.
4. Επίσης μικρή σημασία έχει δοθεί στην βιβλιογραφία για την αποδοχή της ρομποτικής χειρουργικής από για τους ασθενείς.
5. Τα ιατρικά ρομπότ και ειδικά τα αυτόνομα χειρουργικά συστήματα είναι ακόμα σε εμβρυϊκό στάδιο. Υπάρχουν μόνο τρεις ερευνητικές ομάδες που έχουν επινοήσει συγκεκριμένα τροφοδοτούμενα συστήματα με αυτόνομη λειτουργία κοπής (οι ομάδες: ISS – στη χειρουργική επέμβαση ισχίου, EPFL - στη νευροχειρουργική, το κολέγιο Imperial – στην εγχείρηση προστάτη).

Παρόλο που τα χειρουργικά ρομπότ προσφέρουν κάποια πλεονεκτήματα σε σχέση με το ανθρώπινο χέρι, είμαστε ακόμα πολύ μακριά από τη μέρα που αυτόνομα ρομπότ θα χειρουργούν χωρίς την ανθρώπινη βοήθεια. Όμως με την πρόοδο των υπολογιστών και της τεχνητής νοημοσύνης, θα μπορούσε σε αυτόν τον αιώνα να σχεδιασθεί ένα ρομπότ που να εντοπίζει δυσμορφίες στο ανθρώπινο σώμα, να τις αναλύει και να επέμβει σωστά σε αυτές, χωρίς καθόλου ανθρώπινη καθοδήγηση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλιογραφία από internet (ηλεκτρονική μορφή):

1. http://www.iatronet.gr/newsarticle.asp?art_id=2428
2. http://en.wikipedia.org/wiki/Medical_diagnosis
3. <http://www.childrenshospital.org/clinicalservices/Site1860/mainpageS1860P0.html>
4. http://biomed.brown.edu/Courses/BI108/BI108_2000_Groups/Heart_Surgery/Robotics.html
5. http://www.intuitivesurgical.com/products/davinci_surgical_system/davinci_surgical_system_si/
6. <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/12711#page/1/mode/2up>
7. <http://147.102.210.209/cgi-bin-EL/egweci/340635/showfull.egw/1+0+2+full>
8. <http://mednet.gr/archives/2008-6/pdf/790.pdf>
9. <http://www.surgeon.gr/110/379.aspx>
10. http://www.teiser.gr/icd/staff/fasoulas/PAROUSIASI_Rombotiki_xeirourgiki.pdf
11. <http://www.laparosurgery.gr/?p=346>
12. http://www.iatrikionline.gr/ellia_21/09.pdf
13. <http://bionova.gr/bio/uploads/texts/rompotiki.pdf>
14. http://www.roboticsurgery.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=107&Itemid=61&lang=el
15. http://www.kairatos.com.gr/Rombotiki_xeirourgiki.pdf
16. http://geomaran.blogspot.com/2010/01/blog-post_20.html
17. <http://www.isevia.gr/arthra/robotiki%20xeirourgiki.htm>
18. http://artemis.cslab.ntua.gr/el_thesis/artemis.ntua.ece/DT2009-0127/DT2009-0127.pdf
19. <http://www.skrekas.net/paper7.htm>
20. http://www.roboticsurgery.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=66&Itemid=17&lang=el
21. http://iatropoli.gr/cyberknife/index.php?option=com_content&view=article&id=169:ti-simainei-rompotiki-stereotaktiki-aktinoxehirourgiki&catid=85:prostatis&Itemid=244

22. <http://aktinologiaradiologia.blogspot.com/2011/04/cyberknife-g4.html>
23. http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_vision
24. http://en.wikipedia.org/wiki/Pattern_matching
25. http://en.wikipedia.org/wiki/Medical_diagnosis
26. [http://en.wikipedia.org/wiki/Smile_\(software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Smile_(software))
27. http://en.wikipedia.org/wiki/Da_Vinci_Surgical_System
28. <http://www.childrenshospital.org/clinicalservices/Site1860/mainpageS1860P0.html>
29. http://biomed.brown.edu/Courses/BI108/BI108_2000_Groups/Heart_Surgery/Robotics.html
30. http://www.intuitivesurgical.com/products/davinci_surgical_system/
31. http://www.intuitivesurgical.com/products/davinci_surgical_system/davinci_surgical_system_si/
32. <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/17248#page/1/mode/2up>
33. <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/12711#page/1/mode/2up>
34. <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/12711#page/28/mode/2up>
35. <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/9966#page/10/mode/2up>
36. <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/8863#page/2/mode/2up>
37. <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/9966#page/1/mode/2up>
38. <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/10162#page/10/mode/2up>
39. <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/17838#page/1/mode/2up>
40. <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/11766#page/6/mode/2up>
41. <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/18723#page/1/mode/2up>
42. <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/18344#page/1/mode/2up>
43. <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/16197#page/1/mode/2up>
44. <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/17143#page/1/mode/2up>
45. <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/8846#page/6/mode/2up>
46. <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/12378#page/1/mode/2up>
47. <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/1591#page/1/mode/2up>

48. <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/10310#page/1/mode/2up>
49. <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/7889#page/1/mode/2up>
50. <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/3558#page/26/mode/2up>
51. <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/17546#page/1/mode/2up>
52. <http://147.102.210.209/cgi-bin-EL/egwcgi/340635/showfull.egw/1+0+2+full>
53. <http://147.102.210.209/cgi-bin-EL/egwcgi/340638/showfull.egw/1+0+4+full>
54. <http://mednet.gr/archives/2008-6/pdf/790.pdf>
55. http://eprints.teikoz.gr/39/1/M_41_2008.pdf
56. http://www.iatronet.gr/newsarticle.asp?art_id=2428

Βιβλιογραφία από έντυπη μορφή:

1. Νίκος Καλουπτσίδης, «ΣΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ», Εκδόσεις ΔΙΑΥΛΟΣ, Αθήνα.
2. ΠΑΠΥΡΟΣ ΛΑΡΟΥΣ ΜΠΡΙΤΑΝΙΚΑ, Εγκυκλοπαίδεια, Εκδοτικός Οργανισμός Πάπυρος.
3. John Haugeland, «ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ», Εκδόσεις Κάτοπτρο, Αθήνα 1992.
4. Ταξιάρχης Μπότσης- Στέλιος Χαλκιώτης, «ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΥΓΕΙΑΣ», Εκδόσεις ΔΙΑΥΛΟΣ, Αθήνα 2005.
5. Ιωάννης Αποστολάκης, «ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΓΕΙΑΣ», Εκδόσεις ΠΑΠΑΖΗΖΗ, Αθήνα 2002.
6. Νικόλαος Παπαμάρκος, «ΦΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ», Εκδόσεις Β. Γκιούρδας, Αθήνα 2005.
7. Σουρής Ανδρέας-Γρηγοριάδης Νικόλαος -Πατσός Δημήτρης, «ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ», Εκδόσεις ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ, Αθήνα 2004.
8. <http://www.espressonews.gr/default.asp?pid=79&catid=8&artID=1331361>
9. http://archive.enet.gr/online/online_text/c=112,dt=02.11.2006,id=87027708

10. http://www.cosmosep.gr/?cat_id=4276
11. http://www.cosmosep.gr/?cat_id=4269
12. http://www.cosmosep.gr/?cat_id=4340
13. <http://www.tovima.gr/science/article/?aid=184703>
14. http://www.express.gr/news/ygeia/296886oz_20100429296886.php3
15. <http://www.poulakis-urology.com/index.php/press-news/584-da-vinci-8>
16. http://portal.kathimerini.gr/4dcgi/w_articles_kathciv_l_10/05/2011_390249
17. <http://www.iatriko.gr/2011/03/%CF%84%CE%BF-%CF%80%CF%81%CF%8E%CF%84%CE%BF-%CF%83%CF%84%CE%B7-%CE%B2-%CE%B5%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1-%CF%83%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1-%CF%81%CE%BF%CE%BC%CF%80%CE%BF%CF%84%CE%B9/>
18. <http://ygeia.tanea.gr/default.asp?pid=8&ct=85&articleID=6587&la=1>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΕΥΦΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	ΕΙΔΟΣ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ
ROBOT	ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ
DA VINCI	ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΕΙΔΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ
ZEUS	ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΕΙΔΩΝ ΤΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ
ROBODOC	ΟΡΘΟΠΕΔΙΚΟ
PUMA 260	ΟΡΘΟΠΕΔΙΚΟ (ΔΙΑΔΕΡΜΑΤΙΚΗ ΔΙΣΕΚΤΟΜΗ- ΟΣΤΕΚΤΟΜΗ ΓΟΝΑΤΟΥ)
CASPAR	ΟΡΘΟΠΕΔΙΚΟ (ΔΙΑΔΕΡΜΑΤΙΚΗ ΔΙΣΕΚΤΟΜΗ- ΟΣΤΕΚΤΟΜΗ ΓΟΝΑΤΟΥ)
PROBOT	ΟΥΡΟΛΟΓΙΚΟ
CRIGOS	ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ -ΟΡΘΟΠΕΔΙΚΟ
MINERVA	ΝΕΥΡΟΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟ
NEUROMATE	ΝΕΥΡΟΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟ
MEUROARM	ΝΕΥΡΟΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟ
ACROBAT	ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΓΟΝΑΤΟΥ
INCHWORM	ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΚΑΡΔΙΑΣ
CYBERKNIFE	ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΚΟ
CEREC SIRONA	ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΟ

ΠΙΝΑΚΑΣ : ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΥΦΥΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΗΣ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΟΥΝ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΑΑ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΕΙΣΩΣΗ
1	Ανταγωνιστική Συνάρτηση (compet)	
2	Hard Limit (hardlim)	$f(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 1, & x \geq 0 \end{cases}$
3	Συμμετρική Hard Limit (hardlims)	$f(x) = \begin{cases} -1, & x < 0 \\ 1, & x \geq 0 \end{cases}$
4	Log sigmoid (logsig)	$f(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ x, & x \geq 0 \end{cases}$
5	Αντίστροφη (Inverse)	$f(x) = \frac{1}{x}$
6	Θετικά Γραμμική (poslin)	$f(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ x, & x \geq 0 \end{cases}$
7	Γραμμική (purelin)	$f(x) = x$

8	Ακτινικής Βάσης (radbas)	$f(x) = e^{-x^2}$
9	Κορεσμένη Γραμμική (satlin)	$f(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ x, & 0 \leq x \leq 1 \\ 1, & x \geq 1 \end{cases}$
10	Συμμετρική Κορεσμένη Γραμμική (satlins)	$f(x) = \begin{cases} -1, & x \leq -1 \\ x, & 0 \leq x \leq 1 \\ 1, & x \geq 1 \end{cases}$
11	Soft Max (softmax)	$f(x_j) = \frac{e^{x_j}}{\sum_{j=1}^n e^{x_j}}$
12	Hyperbolic Tangent Sigmoid (tansig)	$f(x) = \frac{2}{1 + e^{-2x}} - 1$
13	Τριγωνικής Βάσης (tribas)	$f(x) = \begin{cases} 0, & x < -1 \\ 1 - x , & -1 \leq x \leq 1 \\ 0, & x > 1 \end{cases}$

ΠΙΝΑΚΑΣ: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ



ΣΧΗΜΑ : Τα ρομποτικά συστήματα κατά χρονολογία.