

# ΤΗΛΕΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗ ΚΑΙ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗ

## Πραγματικότητα ή επιστημονική φαντασία;

Νικόλαος Ι. Νικητέας

Επίκουρος Καθηγητής Χειρουργικής Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Αθηνών

Η έλευση της λαπαροσκοπικής χειρουργικής οδήγησε την χειρουργική αίθουσα από τον 19ο αιώνα στην ψηφιακή εποχή χωρίς όμως να επιτύχει να αλλάξει στον ίδιο βαθμό την καθημερινή κλινική πρακτική.

Τα πλεονεκτήματα των ελάχιστα επεμβατικών τεχνικών που είναι ο λιγότερος μετεγχειρητικός πόνος, μικρότερη νοσηρότητα σχετιζόμενη με το χειρουργικό τραύμα, η ταχύτερη κινητοποίηση των ασθενών, ο βραχύτερος μετεγχειρητικός ειλεός που με την σειρά τους οδηγούν σε βραχύτερη μετεγχειρητική νοσηλεία και ταχύτερη επιστροφή στην φυσιολογική δραστηριότητα συνοδεύονται και από μια σειρά εγγενών προβλημάτων της λαπαροσκόπησης τα οποία εμποδίζουν την ευρύτερη διάδοση και εφαρμογή των προηγμένων λαπαροσκοπικών τεχνικών. Έτσι, μία δεκαπενταετία μετά την εισαγωγή της βίντεο λαπαροσκοπικής κολεκτομής η πλειοψηφία των επεμβάσεων του γαστρεντερικού εκτελούνται με όργανα και τεχνικές του 19ου αιώνα. Το 2000 λιγότερες από 3% των κολεκτομών έγιναν λαπαροσκοπικά, και ακόμη και σήμερα λιγότερο από το 10% των κολεκτομών εκτελούνται λαπαροσκοπικά. Στην Μεγάλη Βρετανία μόνο το 5% των χειρουργών έχει εμπειρία μεγαλύτερη των 31 λαπαροσκοπικών επεμβάσεων παχέος εντέρου, ενώ το 27% έχει εκτελέσει από 0-10 αντίστοιχα χειρουργεία.

Ποιοι είναι λοιπόν οι λόγοι που οι χειρουργοί απέτυχαν στο να εφαρμόσουν ευρέως τις ελάχιστα επεμβατικές τεχνικές παρότι είναι προφανή τα πλεονεκτήματά τους για τον ασθενή; Οι περισσότερες λαπαροσκοπικές επεμβάσεις του πεπτικού είναι δύσκολο να διδαχτούν, δυσκολότερο να αφομοιωθούν και τελικά να εφαρμοστούν στην καθημερινή κλινική πράξη. Οι χειρουργοί έχουν να αντιμετωπίσουν ακόμα μια μακρά καμπύλη μάθησης.

Τα προβλήματα αυτά που ευθύνονται για την περιορισμένη εφαρμογή της λαπαροσκοπικής χειρουργικής θα ήταν δυνατόν να συνοψισθούν στα κάτωθι:

1. Δισδιάστατη όραση. Ο χειρουργός βλέπει το χειρουργικό πεδίο στην οθόνη ενός μόνιτορ, δηλαδή σε δύο διαστάσεις ενώ το πραγματικό χειρουργικό πεδίο είναι τρισδιάστατο και ο υπολογισμός του βάθους εναπόκειται σε μια σύμφυτη, όπως φαίνεται ικανότητα των διαφόρων ατόμων να αντιλαμβάνονται σε άλλοτε άλλο βαθμό (άλλοι ευκολότερα και ακριβέστερα, άλλοι δυσκολότερα και με μεγαλύτερη ασάφεια) το βάθος, όταν βλέπουν το πεδίο τους σε δύο διαστάσεις.
2. Οι περιορισμένοι βαθμοί ελευθερίας στην κίνηση των άκαμπτων λαπαροσκοπικών εργαλείων. Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στην κλασική λαπαροσκοπική χειρουργική είναι άκαμπτα με αποτέλεσμα να δυσχεραίνουν ή και να καθιστούν αδύνατη την προσπέλαση σε διάφορες περιοχές της περιτοναϊκής ή της υπεζωκοτικής κοιλότητας.
3. Η κακή εργονομικά στάση του χειρουργού, η οποία κάνει ιδιαίτερος κουραστικές τις πολύωρες προηγμένες λαπαροσκοπικές επεμβάσεις.

Ελπίδα των λαπαροσκόπων ήταν πάντοτε ότι η τεχνολογία των υπολογιστών θα δώσει την λύση. Στην προσπάθεια να ξεπεραστούν αυτοί οι περιορισμοί χειρουργικές ομάδες σε διάφορα μέρη του

κόσμου προσπάθησαν να χρησιμοποιήσουν ρομποτική τεχνολογία με στόχο :

- α) να παρέξουν σταθερή εικόνα από την κάμερα,
- β) να αντικαταστήσουν την δισδιάστατη εικόνα με τρισδιάστατη,
- γ) να μιμηθούν την πλαστικότητα της κίνησης του καρπού του χειρουργού και
- δ) να διορθώσουν την κακή εργονομικά στάση του χειρουργού παρέχοντας τη βέλτιστη εργονομικά θέση.

### Ορισμοί

Ο όρος τηλεϊατρική συνήθως αναφέρεται στη χρήση της τεχνολογίας της πληροφορικής και ειδικότερα των υπολογιστών και των συστημάτων επικοινωνίας, ώστε να παρέχονται υπηρεσίες υγείας μεταξύ μεγάλων γεωγραφικών αποστάσεων.

Ρομποτική Χειρουργική: Χειρουργική (συνήθως μικροχειρουργική ) κατά την οποία ο χειρουργός πραγματοποιεί την επέμβαση με τον χειρισμό των βραχιόνων ενός Ρομπότ. Ο χειρουργός βρίσκεται δίπλα στην χειρουργική τράπεζα και τον ασθενή.

Τηλεχειρουργική (Telesurgery). Ο χειρουργός πραγματοποιεί την επέμβαση καθισμένος σε μια κονσόλα ελέγχου μακριά από τον ασθενή. Ο όρος έχει καθαρά Ελληνική προέλευση και λίγα μέτρα ή πολλά χιλιόμετρα δεν διαφοροποιούν το είδος της πράξης.

Πολλές ερευνητικές ομάδες ανέπτυξαν συστήματα σχεδιασμένα να αντικαταστήσουν το βοηθό του χειρουργείου. Τα πρώτα υδροπνευματικά ρομπότ (First Assistant) αντικαταστάθηκαν από ηλεκτρονικά τα οποία είχαν ως στόχο να υποκαταστήσουν και το χειριστή της κάμερας

### AESOP (automated endoscope system for optimal positioning)

Το AESOP είναι ένα αυτοματοποιημένο ρομποτικό σύστημα για τη βέλτιστη χρήση της λαπαροσκοπικής κάμερας. Αυτός ο ρομποτικός βραχίονας σχεδιάστηκε αρχικά από τη ΝΑΣΑ για χρήση στο διαστημικό πρόγραμμα των ΗΠΑ. Η τεχνολογία αυτή μεταφέρθηκε στην κλινική πρακτική με στόχο το χειρισμό της λαπαροσκοπικής κάμερας αντικαθιστώντας το βοηθό που κρατά την κάμερα από ένα ρομπότ που ελέγχεται απευθείας από τον χειρουργό. Τα ποδοχειριστήρια που χρησιμοποιήθηκαν αρχικά για τον έλεγχο των κινήσεων του ρομπότ αντικαταστάθηκαν από ένα σύστημα φωνητικού ελέγχου, ενώ ο βραχίονας σταδιακά τροποποιήθηκε ώστε να δέχεται οποιοδήποτε άκαμπτο λαπαροσκόπιο.

Ομάδες χειρουργών στο Κίελο της Γερμανίας, στο John Hopkins της Βαλτιμόρης αλλά και σε άλλα κέντρα απέδειξαν ότι με τη βοήθεια του ρομποτικού βραχίονα η επέμβαση εκτελείται ταχύτερα και με μεγαλύτερη ακρίβεια απ' ό,τι αν την λαπαροσκοπική κάμερα κρατούσε ανθρώπινο χέρι ενώ το οπτικό πεδίο παρέμενε σημαντικά σταθερότερο κατά τη διάρκεια του χειρουργείου. Επιπλέον μελέτες έδειξαν ότι το AESOP μπορεί να αντικαταστήσει με επάρκεια και ασφάλεια τον βοηθό που χειρίζεται τη λαπαροσκοπική κάμερα στη γενική, στην γυναικολογική και στην ουρολογική χειρουργική. Άλλες μελέτες απέδειξαν ότι ο χειρουργός μπορεί να εκτελέσει μόνος, χωρίς την ανάγκη βοηθού, λαπαροσκοπικές πλαστικές κηλών και επεμβάσεις στο Γαστρεντερικό Σύστημα. Το AESOP πήρε έγκριση για κλινική χρήση από το FDA το 1994.

### Da Vinci

Τον Ιούλιο του 2000 το FDA των ΗΠΑ ενέκρινε το πρώτο σύστημα τηλεχειρουργικής για γενική χρήση στην χειρουργική. Επρόκειτο για το Da Vinci το οποίο αποτελεί ένα σύστημα τηλεχειρισμού το οποίο επιτρέπει στον χειρουργό να κατευθύνει από απόσταση τα χειρουργικά εργαλεία.

Το Da Vinci απαρτίζεται από δύο μέρη την κονσόλα ελέγχου που χρησιμοποιεί ως σταθμό εργασίας ο χειρουργός και περιλαμβάνει τον υπολογιστή και το σύστημα τρισδιάστατης όρασης και

το ρομπότ το οποίο περιλαμβάνει τρεις βραχίονες. Από αυτούς ο κεντρικός φέρει την κάμερα και οι δύο εξωτερικοί αποτελούν τους βραχίονες εργασίας που υποδέχονται τα χειρουργικά εργαλεία τα οποία φέρουν άρθρωση όπως αυτή του καρπού ενώ κινούνται με επτά βαθμούς ελευθερίας (σε σύγκριση με τέσσερις των λαπαροσκοπικών) και δύο βαθμούς περιστροφής περί τον άξονα. Το ρομπότ τοποθετείται δίπλα στην χειρουργική τράπεζα και συνδέεται με τα τρία τροκάρ μέσα από τα οποία εισέρχονται τα χειρουργικά εργαλεία στην περιτοναϊκή ή την υπεζωκοτική κοιλότητα. Το Da Vinci παρέχει ένα σύστημα απεικόνισης τριών διαστάσεων που προσομοιάζει το πεδίο όπως θα φαινόταν μέσα από κιάλια. με τελικό αποτέλεσμα μια τρισδιάστατη εικόνα υψηλής ανάλυσης με σαφή αίσθηση του βάθους

Το Da Vinci σχεδιάστηκε αρχικά για την εκτέλεση στεφανιαίας παράκαμψης χωρίς θωρακοτομή. Ο Carpentier το 1999 παρουσίασε την πρώτη επιτυχή χρήση του Da Vinci για την εκτέλεση αορτοστεφανιαίας παράκαμψης, ενώ, χειρουργοί από τη Δρέσδη το χρησιμοποίησαν για τη λήψη της αριστερής και της δεξιάς έσω μαστικής αρτηρίας σε 27 ασθενείς. Αυτές τις προσπάθειες ακολούθησαν άλλες προσπάθειες αμερικανών κυρίως καρδιοχειρουργών για την εκτέλεση κλειστής αορτοστεφανιαίας παράκαμψης (χωρίς θωρακοτομή) οι οποίες ήταν ιδιαίτερος επιτυχής. Ταυτοχρόνως αυξήθηκε η εμπειρία στην χρήση του Da Vinci για την χειρουργική της μιτροειδούς βαλβίδος κυρίως από ομάδες της Λειψίας και του East Carolina University. Στις ΗΠΑ το FDA έχει εγκρίνει τη χρήση του Da Vinci για όλες τις επεμβάσεις θωρακικής χειρουργικής συμπεριλαμβανομένης και της λήψης της έσω μαστικής αρτηρίας για αορτομυριαία παράκαμψη αλλά όχι για καρδιακές επεμβάσεις.

Όσον αφορά τη χειρουργική της κοιλιάς, πρώτος ο Cadiere ανακοίνωσε τη κλινική εφαρμογή της τηλερομποτικής χειρουργικής τον Μάρτιο του 1997 όταν χρησιμοποιώντας ένα πρωτότυπο του Da Vinci πραγματοποίησε μία λαπαροσκοπική χολοκυστεκτομή. Η ομάδα του Cadiere επίσης ανακοίνωσε την επιτυχή χρήση του συστήματος για τηλερομποτική λαπαροσκοπική γαστρική παράκαμψη, θολοπλαστική κατά Nissen και αναστόμωση φαλλοπιανών σαλπίνγων. Από τότε έχει δημοσιευθεί μεγάλος αριθμός τηλερομποτικών επεμβάσεων του ΓΕΣ με τη χρήση του Da Vinci κι οποίες απέδειξαν ότι η τηλερομποτική χειρουργική του πεπτικού μπορεί να εκτελεστεί με ασφάλεια.

Οι ουρολόγοι διαπίστωσαν επίσης σημαντικές κλινικές εφαρμογές της τηλερομποτικής χειρουργικής. Υπήρξαν ομάδες οι οποίες απέδειξαν ότι η αναστόμωση της ουρήθρας με το Da Vinci είναι ευκολότερη απ'ό,τι με τις συνήθεις «κλασικές» λαπαροσκοπικές τεχνικές. Φαίνεται ότι τα αρθρωτά εργαλεία του Da Vinci είναι ιδιαίτερος κατάλληλα για όλες τις δύσκολες αναστομώσεις (ουρήθρα- ουροδόχος κύστη, Guillonneau και Vallancien). Τηλερομποτικές νεφρεκτομές και ρομποτικές νεφρεκτομές δότου έχουν ανακοινωθεί από τους Vanuno και Horgan στο Σικάγο με μέσο χειρουργικό χρόνο τα 166 λεπτά και μέσο χρόνο παραμονής στο νοσοκομείο τις 1,8 ημέρες. Οι Vanuno και Horgan διαπιστώνουν ότι το Da Vinci τους επιτρέπει να εκτελούν τις επεμβάσεις αυτές με «μεγαλύτερη ακρίβεια, εμπιστοσύνη και άνεση».

Ενώ η πρώτη γενιά του Da Vinci δεν προσέφερε κανένα απτικό αίσθημα, με αποτέλεσμα να μη μπορεί ο χειρουργός να εκτιμήσει την τάση που ασκούσαν οι ισχυροί ρομποτικοί βραχίονες του συστήματος, η σήμερα διαθέσιμη τέταρτη γενιά φέρει αισθητήρες αφής οι οποίοι διευκολύνουν την αντίληψη της αντίστασης των ιστών από τον χειρουργό. Η τελευταία αυτή γενιά του συστήματος προσφέρει επίσης τέσσερις ρομποτικούς βραχίονες και ένα βραχίονα για τον χειρισμό της κάμερας, επιτρέποντας με τον τρόπο αυτό στον χειρουργό να εκτελεί μόνος από την κονσόλα ελέγχου την μεγάλη πλειοψηφία των επεμβάσεων.

Ο κατάλογος δε αυτών των επεμβάσεων συνεχώς μακραίνει Μέχρι σήμερα έχουν πραγματοποιηθεί και δημοσιευθεί χολοκυστεκτομές, κολεκτομές, γαστρικές παρακάμψεις, Θολοπλαστικές κάθε είδους, Μυοτομή κατά Heller, Προστατεκτομές, Ηπατεκτομές, καρδιοχειρουργικές επεμβάσεις κάθε είδους.

## Zeus

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 την θέση του άκρου κάθε εργαλείου και της κάμερας και όχι την θέση των τροκάρ όπως 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 μία πολυθρόνα μπροστά από ένα βίντεο μόνιτορ. Ο υπολογιστής εξαλείφει τον τρόπο των χεριών του χειρουργού και μπορεί να υποπολλαπλασιάσει την κίνησή του σε μία κλίμακα από 2:1 έως 10:1. Ο χειρουργός με ειδικά γυαλιά βλέπει το εγχειρητικό πεδίο μέσω ενός συστήματος απεικόνισης τριών διαστάσεων, της Storz.

Το Zeus όπως και το Da Vinci αναπτύχθηκαν αρχικά για χρήση στην καρδιοχειρουργική. Οι πιο προηγμένες χρήσεις του περιλαμβάνουν την λήψη της έσω μαστικής αρτηρίας και την εκτέλεση αορτοστεφανιαίας παράκαμψης. Υπάρχουν χειρουργικές ομάδες που εκτελούν την επέμβαση σε παλλόμενη καρδιά, χωρίς την 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 στην χειρουργική σε περιβάλλον με πολύπλοκη ανατομική.

Το Zeus πήρε άδεια από την FDA τον Σεπτέμβριο του 2002. 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. Στο Louisiana State University (LSU) εξέτασαν την 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 έντερο-αναστομώσεις σε χοίρους σε 14 λεπτά λιγότερο από ό,τι με τις συνήθεις λαπαροσκοπικές τεχνικές. Πολλές ομάδες αξιολόγησαν το Zeus ως μέσο εκπαίδευσης φοιτητών, ειδικευομένων και ειδικευμένων χειρουργών στις προηγμένες λαπαροσκοπικές τεχνικές. Αυτές οι μελέτες έδειξαν ότι στις απλές κινήσεις δεν διαπιστώνεται κανένα πλεονέκτημα του τηλερομπούτ. Αντιθέτως, περισσότερο πολύπλοκες διαδικασίες όπως η συρραφή ή η εκτέλεση χειρουργικού κόμπου πραγματοποιούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα και ακρίβεια με τη χρήση του τηλερομπούτ ανεξαρτήτως τους 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 με την λαπαροσκοπικών .

Η Computer motion, η εταιρεία που παρήγε το Zeus εξαγοράστηκε πρόσφατα από την Intuitive Surgical την εταιρεία που παράγει το Da Vinci και η εξέλιξη του φαίνεται ότι σταμάτησε με την ενσωμάτωση των όποιων πλεονεκτημάτων του στην τελευταία γενιά του Da Vinci

## Επέμβαση Lindbergh

Ο Marescaux και οι συνεργάτες του στο Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο για την Τηλεχειρουργική (European Institute for Telesurgery) έφεραν την επανάσταση στην χειρουργική όταν εκτέλεσαν την πρώτη διατλαντική τηλεχειρουργική χολοκυστεκτομή στις 7 Σεπτεμβρίου 2001 χρησιμοποιώντας το Zeus. Η επέμβαση Lindbergh, όπως ονομάστηκε από το όνομα του ανθρώπου που πρώτος πέταξε πάνω από τον Ατλαντικό, αποτέλεσε την πρώτη στην ιστορία πλήρη τηλεχειρουργική επέμβαση μεταξύ Νέας Υόρκης (όπου βρισκόταν η χειρουργική ομάδα) και Στρασβούργου (όπου βρισκόταν η ασθενής). Το εγχείρημα απαιτούσε **α)** ιδιαίτερα εξειδικευμένους χειρουργούς, **β)** ένα ασφαλές, αξιόπιστο και ταχύ

δίκτυο για τη σύνδεση των δύο σημείων (ασθενής- χειρουργός), γ) ένα ρομποτικό σύστημα ικανό να μεταφράζει τις κινήσεις του χειρουργού στη Νέα Υόρκη σε κινήσεις εργαλείων μέσα στο σώμα του ασθενούς στο Στρασβούργο. Οι χειρουργοί ήταν ο καθηγητής Marescaux, ο δόκτωρ Michel Gagner κι ο καθηγητής Le Roy (που για λόγους ασφαλείας βρισκόταν δίπλα στο πλευρό του ασθενούς). Το δίκτυο ήταν μια ATM επίγεια σύνδεση οπτικών ινών η οποία επελέγη λόγω του συνεχούς ρυθμού μετάδοσης δεδομένων (10 Mbps) και της ποιότητας της παρεχόμενης υπηρεσίας.

Τα τελευταία οχυρά της ανοικτής χειρουργικής πέφτουν όταν μετά την εκτέλεση ρομποτικής ηπατεκτομής από μια ομάδα του University of Illinois, διαπιστώνεται ότι “Το ρομπότ είναι ανώτερο από την παραδοσιακή λαπαροσκοπική χειρουργική επειδή παρέχει την δυνατότητα κίνησης σε γωνίες 360°, γεγονός που είναι αδύνατο με τα παραδοσιακά λαπαροσκοπικά εργαλεία,”

Και φαίνεται ότι μια πραγματικότητα που έρχεται είναι ότι “Στο άμεσο μέλλον θα είναι πολύ δύσκολο να δικαιολογήσουμε την ανοικτή χειρουργική της κοιλιάς για την μεγάλη πλειοψηφία των ασθενών” όπως διατείνεται ο Dr Giuliano Testa, Επίκουρος Καθηγητής της χειρουργικής στο UIC.

Η καθιέρωση της βίντεο λαπαροσκόπησης οδήγησε τη χειρουργική αίθουσα από τον 19ο αιώνα στην εποχή των υπολογιστών σε διάστημα λίγων ετών. Η ρομποτική χειρουργική -τηλεχειρουργική υπόσχεται σε βραχύ χρονικό διάστημα να μετατρέψει τον κλασικό τρόπο με τον οποίο η χειρουργική προσεγγίζει τον ασθενή.

