

Η πρόοδος της χειρουργικής στην ογκολογία

Ρομποτική χειρουργική

Α' Μερους

Κ.Μ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ

Επ. Καθηγητής Χειρουργικής, Ohio State University, ΗΠΑ, Δ/ντής Γενικής, Λαπαροσκοπικής και Ρομποτικής Χειρουργικής «Ιατρικού Κέντρου Αθηνών»

Σ.Κ. ΧΕΙΡΙΔΗΣ

Χειρουργός «Ιατρικού Κέντρου Αθηνών»

«Η χειρουργική συνεισφέρει στην αντιμετώπιση του καρκίνου σε συνεργασία με τις άλλες ειδικότητες. Η πρόοδος στην αντιμετώπιση του καρκίνου θα επέλθει με τη βελτίωση αυτής της συνεργασίας και όχι με τη βελτίωση της χειρουργικής τεχνικής και μόνο...»
Bernard Fisher, 1977

Το 1990, η λαπαροσκοπική χειρουργική άλλαξε τελείως τη μορφή των χειρουργικών επεμβάσεων. Η λαπαροσκοπική χολοκυστεκτομή έγινε γρήγορα δημοφιλής και εξαπλώθηκε ραγδαία με αποτέλεσμα σήμερα να αποτελεί τη θεραπεία εκλογής για τη χολολιθίαση. Μετά από τη μεγάλη αποδοχή της χολοκυστεκτομής, οι λαπαροσκοπικές τεχνικές εφαρμόστηκαν σταδιακά σε όλες τις επεμβάσεις γενικής χειρουργικής. Ωστόσο, παρουσιάστηκαν περιορισμοί οι οποίοι αύξησαν την ψυχική και σωματική καταπόνηση του χειρουργού, ιδιαίτερα σε επεμβάσεις που απαιτούσαν δύσκολες συρραφές ή απολινώσεις. Συνεπώς, η προχωρημένη λαπαροσκόπηση παραμένει στα χέρια των λίγων χειρουργών που αποκτούν την ανάλογη εμπειρία.

Για την ανάπτυξη νέων χειρουργικών θεραπειών κατά τον 21ο αιώνα θεωρείται απαραίτητη η αποδοχή ποικίλων εφαρμογών τελευταίας τεχνολογίας που σχετίζονται με την υποβοήθηση από ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Μερικές από τις εφαρμογές αυτές είναι: τα χειρουργικά ρομποτικά συστήματα, η τρισδιάστατη απεικόνιση του χειρουργικού πεδίου, η «εικονική» και η «επαυξημένη» πραγματικότητα που βασίζονται στα γραφικά των ηλεκτρονικών υπολογιστών, οι εξομοιωτές χειρουργικών επεμβάσεων κ.ά.

Τα χειρουργικά ρομποτικά συστήματα, όπως το Aesop, το DaVinci και το Zeus, παρέχουν στους χειρουργούς τεχνολογικά εξελιγμένη απεικόνιση του πεδίου και πρωτοποριακά συστήματα αναπαραγωγής των χειρουργικών κινήσεων με υψηλή ακρίβεια, τα οποία φέρνουν επανάσταση σε όλους τους τομείς της χειρουργικής. Η μοντέρνα αυτή τεχνολογία οδηγεί στην ανάπτυξη νέων πεδίων της χειρουργικής όπως είναι η μη-τραυματική χειρουργική, η μικροχειρουργική «εικονικής» πραγματικότητας, η τηλεχειρουργική, η εμβρυομητρική χειρουργική και η νευροχειρουργική με υποβοήθηση από ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Συστήματα διεγχειρητικής πλοήγησης

Σε πολλούς τομείς της χειρουργικής, συμπεριλαμβανομένης της γναθοπροσωπικής χειρουργικής, η υποβοήθηση από ηλεκτρονικό υπολογιστή που βασίζεται σε εικόνες από αξονικό τομογράφο γίνεται όλο και πιο σημαντική. Το σύστημα διεγχειρητικής πλοήγησης είναι ένα λογισμικό (πρόγραμμα) που επεξεργάζεται τις αποθηκευμένες εικόνες από την αξονική ή μαγνητική τομογραφία και τις επιπροβάλλει στην εικόνα του χειρουργικού πεδίου (επαυξημένη πραγματικότητα). Επιτρέπει τον εντοπισμό των χειρουργικών εργαλείων και των παθολογικών εστιών.

Η τεχνολογία αυτή, που χρησιμοποιείται ήδη στη νευροχειρουργική, μπορεί να προσφέρει μεγάλη ακρίβεια στα όρια εκτομής ή εξάνκνωσης του όγκου-στόχου. Ωστόσο, η πολύπλοκη επεξεργασία των εικόνων από αξονικό τομογράφο και η ανακατασκευή τρισδιάστατων μοντέλων παραμένουν δύσκολα προβλήματα. Η ομάδα του Iseki ανέπτυξε ένα σύστημα διεγχειρητικής πλοήγησης στη νευροχειρουργική, με τρισδιά-

Τα χειρουργικά ρομποτικά συστήματα, όπως το Aesop, το DaVinci και το Zeus, παρέχουν στους χειρουργούς τεχνολογικά εξελιγμένη απεικόνιση του πεδίου και πρωτοποριακά συστήματα αναπαραγωγής των χειρουργικών κινήσεων με υψηλή ακρίβεια, τα οποία φέρνουν επανάσταση σε όλους τους τομείς της χειρουργικής.



Εικόνα 1. Το σύστημα DaVinci.



Εικόνα 2. Συνδυασμός ρομποτικού συστήματος και MRI.

στα μοντέλα της βλάβης από αξονικό τομογράφο που επιπροβάλλονται στο χειρουργικό πεδίο.

Είναι βέβαιο ότι ο συνδυασμός των χειρουργικών ρομποτικών συστημάτων και των συστημάτων πλοήγησης με χρήση CT, MRI ή υπερήχων θα μπορέσει σύντομα να επιτρέψει ακόμη μεγαλύτερη ακρίβεια στη χειρουργική προσέγγιση του καρκίνου.

Χειρουργικά ρομποτικά συστήματα

Το σύστημα χειριστηρίων και βραχιόνων (master-slave manipulators)

Γενικά, τα ρομποτικά συστήματα αποτελούνται από 3 τμήματα: το χειρουργικό πύργο (που στηρίζει τους βραχίονες), το λαπαροσκοπικό πύργο (οθόνες, συσκευές πνευμοπεριτοναίου) και την κονσόλα χειρισμού. Ο χειρουργός κάθεται στην κονσόλα χειρισμού στην οποία υπάρχει ειδική υποδοχή με γυαλιά που προβάλλουν τις εικόνες από το λαπαροσκόπιο.

Στην κονσόλα χειρισμού υπάρχουν επίσης χειριστήρια (master manipulators), με τα οποία ο χειρουργός ελέγχει τις κινήσεις των ρομποτικών βραχιόνων στις άκρες των οποίων είναι προσαρμοσμένα χειρουργικά εργαλεία και το λαπαροσκόπιο. Μέσω της κονσόλας μπορεί και βλέπει τρισδιάστατα στο εσωτερικό της κοιλιάς του ασθενούς. Οι κινήσεις που εκτελεί ο χειρουργός στα χειριστήρια αναπαράγονται με μεγάλη ακρίβεια στο εσωτερικό της κοιλιάς σε πραγματικό χρόνο.

Το παραπάνω σύστημα χειριστηρίων-βραχιόνων επιτρέπει στους χειρουργούς να εκτελούν επεμβάσεις μεγάλης ακρίβειας, ξεπερνώντας τους περιορισμούς της συμβατικής λαπαροσκόπησης.

Το πρώτο ρομποτικό σύστημα που πήρε έγκριση από το αμερικανικό FDA (Food and Drug Administration) για χρήση στην κλινική πράξη ήταν το αυτοματοποιημένο

ενδοσκοπικό σύστημα για βέλτιστη τοποθέτηση του ενδοσκοπίου (Automated Endoscope System for Optimal Positioning – AESOP της Computer Motion, Goleta, CA).

Το σύστημα DaVinci αναπτύχθηκε από την Intuitive Surgical (Mountain View, CA). Σύμφωνα με την Intuitive, μέχρι το 2006, 286 συστήματα είχαν εγκατασταθεί σε όλο τον κόσμο. Όλες οι επεμβάσεις γενικής χειρουργικής που γίνονταν λαπαροσκοπικά έχουν πραγματοποιηθεί με το DaVinci. Ομοίως, έχουν γίνει πολλές επεμβάσεις της ουρολογίας, της καρδιοθωρακικής χειρουργικής, της γυναικολογίας και της παιδοχειρουργικής.

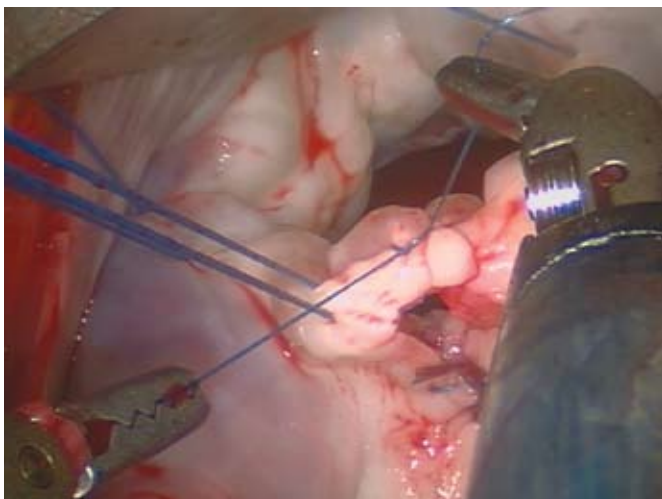
Πάνω από 10.000 επεμβάσεις έχουν πραγματοποιηθεί σε όλο τον κόσμο με το DaVinci. Αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά του συστήματος είναι: το υψηλής ευκρίνειας και ποιότητας τρισδιάστατο χειρουργικό πεδίο και τα χειρουργικά εργαλεία που εκτελούν κινήσεις «καρπού» (endo-wrist instruments). Το σύστημα προσφέρει εξάλειψη του φαινομένου-καθρέφτη των λαπαροσκοπικών εργαλείων που κινούνται αντίθετα από τις κινήσεις του χειρουργού, φιλτράρισμα του φυσικού τρόμου των χεριών του χειρουργού και ευθυγράμμιση χεριών, ματιών και άκρης του εργαλείου στον ίδιο άξονα.

Η εφαρμογή στη χειρουργική ογκολογία είναι ευρύτατη. Πολλές ομάδες σε όλο τον κόσμο ανακοινώνουν με επιτυχία την πραγματοποίηση ρομποτικών ογκολογικών επεμβάσεων, όπως αφαίρεση όγκων οισοφάγου, μεσοθωρακίου, στομάχου και παχέος εντέρου. Πρόσφατα, η ομάδα Hashizume από την Ιαπωνία ανακοίνωσε την πραγματοποίηση ρομποτικών επεμβάσεων υπό απεικονιστική καθοδήγηση με συνδυασμό ρομποτικού συστήματος και MRI.

Η ρομποτική χειρουργική στην ογκολογία

Νευροχειρουργική

Η νευροχειρουργική κατέχει την πρώτη θέση στις εφαρ- ▶



Εικόνα 3. Πραγματοποίηση χειρουργικής επέμβασης με χρήση ρομποτικών τεχνικών.

μογές ρομποτικής. Ο Lansford ανακοίνωσε πρώτος την πρωτοποριακή εμφάνιση του gamma knife για νευροχειρουργικές επεμβάσεις χωρίς να πραγματοποιούνται τομές. Το gamma knife εγκρίθηκε από το FDA το 1992 και το σύστημα γρήγορα πήρε την έγκριση της NRC (Nuclear Regulatory Commission) το 1986. Το gamma knife χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά σε ασθενή το 1987 στο Pittsburgh, PA και μετά από αυτό το πρώτο βήμα, οι «νευροχειρουργικές επεμβάσεις χωρίς τομή» είναι πλέον πραγματικότητα.

Η ομάδα του Drake πραγματοποίησε εκτομές αστροκυττωμάτων του θαλάμου με υποβοήθηση από ηλεκτρονικό υπολογιστή ή από ρομποτικό σύστημα. Έξι παιδιά ηλικίας 2 έως 10 ετών που είχαν καλοήγη αστροκυττώματα υποβλήθηκαν σε επεμβάσεις με τη χρήση ρομποτικού συστήματος με αποτέλεσμα την απόλυτα επιτυχημένη ριζική εκτομή. Το σύστημα αποτελείται από τρισδιάστατη οθόνη με εικόνες αξονικού τομογράφου και ψηφιακής αγγειογραφίας οι οποίες δημιουργήθηκαν με το σύστημα στερεοτακτικών στιγμιότυπων Brown-Roberts-Wells (BRW stereotactic frame). Ο χειρουργικός βραχίονας ελέγχεται από το προγραμματιζόμενο ρομποτικό σύστημα PUMA 200 (Westinghouse Electric, Pittsburgh, PA) και η θέση – προσανατολισμός του εντοπίζονται από το σύστημα απεικόνισης 3D που προαναφέρθηκε. Αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά του συστήματος είναι η προεχειρητική εξομοίωση της επέμβασης και ο βελτιστοποιημένος σχεδιασμός της.

Η ομάδα του Carney επαλήθευσε τις δυνατότητες της διεχειρητικής καθοδήγησης από απεικονιστικές εξετάσεις στην ωτολαρυγγολογία.

Ο ανιχνευτικός βραχίονας της ISG (ISG viewing wand, Missasauga, ON, Canada) αποτελεί διεχειρητικό σύστη-



Εικόνα 4. Σύστημα ρομποτικής χειρουργικής.

μα πλοήγησης. Διαθέτει ειδικούς αισθητήρες με τους οποίους ανασυνδυάζει στιγμιαία εικόνες από αξονικό ή μαγνητικό τομογράφο και τις συσχετίζει με κάθε σημείο του εγχειρητικού πλάνου. Σε μία εργασία, σε 14 ασθενείς με όγκους της βάσης του κρανίου, της γεφυροπαρεγκεφαλιδικής γωνίας και του βρεγματικού οστού, το σύστημα βοήθησε στην επιτυχημένη ριζική εκτομή.

Η ομάδα Zamorano ανακοίνωσε την εφαρμογή συστημάτων αλληλεπίδρασης (interactive) με υποβοήθηση από απεικονιστικές εξετάσεις για εκτομές αγγειοδυσπλασιών των κόλπων του εγκεφάλου. Οι Levesque και Parker απέδειξαν τη χρησιμότητα του συστήματος Mehrkoordinaten Manipulator (MKM) στην εκτομή διάχυτων νεοπλασμάτων του μεσεγκεφάλου.

Δύο ασθενείς με εκτεταμένους όγκους του μεσεγκεφάλου υποβλήθηκαν σε στερεοτακτική κρανιοτομή με χρήση του ρομποτικού μικροσκοπίου MKM (Carl Zeiss, Oberkochen, Germany) και διεχειρητικής νευροφυσιολογικής παρακολούθησης. Το σύστημα αυτό προσέφερε τη δυνατότητα εξαίρεσης όγκων που μέχρι σήμερα θεωρούνταν ανεχειρήτοι.

Η ομάδα του Hongo ανέπτυξε το NeuRobot, ένα τηλεχειριζόμενο σύστημα μικροβραχιόνων για ελάχιστα τραυματική μικρονευροχειρουργική στο Πανεπιστήμιο Shinshu. Με το σύστημα αυτό πραγματοποιήθηκε εξομοίωση σε πτωματικό ανθρώπινο εγκέφαλο. Το σύστημα καθοδηγεί τρεις λαβίδες του 1 χιλιοστού και τρισδιάστατη κάμερα. Η ίδια ομάδα απέδειξε τη χρησιμότητα του KTP laser (potassium titanyl phosphate) με μικροβραχίονες στη νευροχειρουργική σε πειραματόζωα. Το σύστημα πραγματοποιούσε με υψηλή ακρίβεια όλους τους βασικούς χειρουργικούς χειρισμούς (τομή, απολίνωση, έλεγχος αιμόστασης). ■