

Εικονική ενδοσκόπηση

Ε.Δ. Ρωμανοπούλου

Τελειόφοιτη Σχολής «Πληροφορική Με
Εφαρμογές στη Βιοϊατρική»

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ιατρική είναι ένας από τους σημαντικότερους τομείς, στους οποίους έχει εφαρμοστεί η εικονική πραγματικότητα μέχρι σήμερα. Η εφαρμογή της αυτή βασίστηκε αρχικά στην ανάγκη οπτικοποίησης ενός μεγάλου όγκου ιατρικών δεδομένων στις τρεις διαστάσεις τόσο κατά τη διάρκεια μιας χειρουργικής επέμβασης όσο και κατά τον σχεδιασμό και την προετοιμασία της. Η σημαντικότερη, όμως, εφαρμογή της εικονικής πραγματικότητας έγκειται στη χρησιμοποίησή της ως ενός νέου επαναστατικού μέσου εκπαίδευσης και εξάσκησης, με το οποίο οι νέοι γιατροί μπορούν να πλοηγηθούν ή να αλληλεπιδράσουν σε πραγματικό χρόνο με τα ιατρικά μοντέλα μέσα σε έναν πλήρως τρισδιάστατο εικονικό κόσμο.

Ο όρος «εικονική ενδοσκόπηση» δεν είναι αρκετά σωστός συντακτικά. Ο καθορισμός του Webster για τον όρο της «εικονικής» έχει δύο κύρια συστατικά: 1) «...αυτός που κατέχεται από ορισμένες φυσικές αρετές...» και 2) «... όντας τέτοιος ουσιαστικά, αν και όχι τυπικά αναγνωρισμένος...». Ο όρος «ενδοσκόπηση» είναι επίσης διπλός: 1) «... απεικόνιση του εσωτερικού ενός κοίλου οργάνου ...» (Webster), και 2) «... οπτική επιθεώρηση οποιασδήποτε κοιλότητας του σώματος με τη βοήθεια ενός ενδοσκοπίου...» (Dorland's Medical Dictionary).

Κατά συνέπεια, η αλληλουχία των όρων *εικονικός* και *ενδοσκόπηση* δεν είναι αποτέλεσμα μιας σωστά συντακτικά φράσης. Ο όρος «εικονικότητα» είναι καλύτερος, αυτό σημαίνει 1) «ουσία...» και 2) «πιθανή ύπαρξη...» (Webster). Αυτό οδηγεί στη συντακτικά και σημασιολογικά σωστή φράση: «*endoscopic virtuality*», που σημαίνει «η ουσία της απεικόνισης του ενδεχομένως υπάρχοντος εσωτερικού ενός αντικείμενου...». Αυτό δίνει τον όρο της *πραγματικότητας* από την εικονική ενδοσκόπηση. Έχει, λοιπόν, τη δύναμη και την ικανότητα για την παρατήρηση μέσα σε οποιοδήποτε αντικείμενο, κοίλο ή όχι, υπαρκτό ή όχι. Επιπλέον, οι επακόλου-

θες απεικονίσεις είναι πραγματικά υπολογισμένες εικόνες, έτσι ο όρος «*computed endoscopy*» μπορεί να είναι ακριβέστερος και πιο περιγραφικός (παρόμοιος με τη σύγκριση της υπολογισμένης τομογραφίας με τη συμβατική τομογραφία).

Ι. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΕΝΔΟΣΚΟΠΗΣΗ

Η εικονική ενδοσκόπηση (*virtual endoscopy*) είναι μια νέα διαγνωστική μέθοδος, η οποία χρησιμοποιεί επεξεργασία τρισδιάστατων εικόνων, μέσω υπολογιστή, από σύνολα δεδομένων (όπως ανιχνεύσεις του CT ή MRI) για να παράγει τις απαιτούμενες απεικονίσεις από τα συγκεκριμένα όργανα των ασθενών, παρόμοια ή ισοδύναμα από εκείνα που παράγονται από τα πρότυπα ενδοσκοπικών διαδικασιών. Οι ανιχνεύσεις του συμβατικού αξονικού τομογράφου (CT) και του μαγνητικού τομογράφου (MRI) παράγουν διαγώνια τμήματα «φέτες» από το ανθρώπινο σώμα, τα οποία αντιμετωπίζονται από ακτινολόγους, οι οποίοι εντοπίζουν από αυτές τις απεικονίσεις τι πραγματικά από τις 3 ανατομικές διαστάσεις πρέπει να είναι. Χρησιμοποιώντας σοφιστικέ αλγορίθμους και υψηλής απόδοσης προγραμματισμό, αυτά τα τμήματα προσφέρουν άμεσα τρισδιάστατες απεικονίσεις της ανατομίας του ανθρώπου. Συγκεκριμένα ανατομικά στοιχεία, κατάλληλα για ρεαλιστικές ενδοσκοπικές προσομιώσεις, μπορούν να ληφθούν από τρισδιάστατες MRI ψηφιακές εικόνες εξετάσεων ή από τρισδιάστατα επίκτητα σπειροειδή στοιχεία CT.

Αναφέροντας τον όρο εικονική ενδοσκόπηση εννοούμε την πλοήγηση μιας εικονικής φωτογραφικής μηχανής μέσω της τρισδιάστατης απεικόνισης της ανατομίας ενός ασθενούς, η οποία συνεισφέρει στη διευκόλυνση της εξερεύνησης των εσωτερικών δομών για να βοηθήσει στον χειρουργικό προγραμματισμό. Όταν η εικονική φωτογραφική μηχανή φωτογραφίζει μέσω του προτύπου, ο χειρουργός μπορεί να ακολουθήσει τη θέση της εικονικής φωτογραφικής μηχανής μέσα στο πρό-

τυπο σε μια οθόνη και να παρατηρεί τι η ενδοσκοπική φωτογραφική μηχανή βλέπει σε μια άλλη οθόνη. Η εικονική εξερεύνηση μέσω συγκεκριμένων στοιχείων των ασθενών μπορεί να βοηθήσει τον χειρουργό να εκτελέσει μια διάγνωση χωρίς να πρέπει να λειτουργήσει πάνω στον ασθενή.

II. ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ Η ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΕΝΔΟΣΚΟΠΗΣΗ

Ως πρώτη ύλη για την εικονική ενδοσκόπηση απαιτούνται οι λεπτομερείς δισδιάστατες εικόνες διατομής. Οι εικόνες, οι οποίες παράγονται, αναπαριστώνται σε ultrafast spiral CT scanner (UCT) ή σε έναν ειδικό μαγνητικό συντονισμό (MRI). Μόλις η εξέταση τελειώσει, ο υπολογιστής, υπολογίζοντας ένα χρώμα, αποδίδει τρισδιάστατα το αντίστοιχο όργανο από τα αρχικά στοιχεία εικόνας. Το αποτέλεσμα, λοιπόν, είναι μια απολύτως νέα και περιεκτική εικόνα από το εσωτερικό των οργάνων. Ο παθολόγος μπορεί να αρχίσει «ένα ταξίδι», μέσα από το αντίστοιχο όργανο, μέσω του οργάνου ελέγχου και να το εξετάσει από κάθε οπτική γωνία και προοπτική.

III. ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΕΝΔΟΣΚΟΠΗΣΗΣ

Σύμφωνα με τη μελέτη που παρουσιάστηκε το 2005 από τον Neubaueer του Πανεπιστημίου της Βιέννης, η εικονική ενδοσκόπηση παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα σε σχέση με τη συμβατική ενδοσκόπηση:

- Βελτιωμένη πρόσβαση
Επιτρέπει την οπτικοποίηση περιοχών οι οποίες είναι δύσκολο να γίνουν ορατές είτε λόγω κάποιας ασθένειας είτε επειδή η πρόσβαση της κάμερας δεν είναι δυνατή λόγω της σύνθετης ανατομίας.
- Αποφυγή ενδοσκοπικής επέμβασης
Κάνει πιο εύκολη την εξέταση για τον ασθενή.
- Έλεγχος Παραμέτρων
Σε ένα περιβάλλον εικονικής ενδοσκόπησης, ο γιατρός μπορεί να αλλάξει διάφορες παραμέτρους, όπως, π.χ., το χρώμα των μοντέλων, τον φωτισμό κ.λπ., διευκολύνοντάς τον στην τελική διάγνωση.
- Χαμηλότερο κόστος
Σε πολλές περιπτώσεις η εικονική ενδοσκόπηση μπορεί να είναι πολύ φθηνότερη απ' ό,τι η πραγματική, π.χ., δεν απαιτείται ο ασθενής να μείνει στο νοσοκομείο κ.λπ.
- Ανεξαρτησία χώρου

Η απόκτηση της πληροφορίας και η διαδικασία της εικονικής ενδοσκόπησης δεν χρειάζεται να πραγματοποιούνται στον ίδιο χώρο.

IV. ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΕΝΔΟΣΚΟΠΗΣΗΣ

Παρ' όλα αυτά, όμως, η εικονική ενδοσκόπηση παρουσιάζει ακόμα σημαντικά μειονεκτήματα, όπως, για παράδειγμα, η ανάγκη έκθεσης του ασθενούς σε ακτινοβολία, η έλλειψη αλληλεπίδρασης με τον ιστό, ή πολλές φορές μη ακριβής αναπαράσταση, κάτι το οποίο απαιτεί τη χρήση τεχνικών παρεμβολής κ.λπ. Επομένως, επιπλέον έρευνα απαιτείται ακόμη στον τομέα αυτόν. Ωστόσο, η εικονική ενδοσκόπηση θεωρείται ήδη ένα επιπλέον πολύτιμο εργαλείο διάγνωσης. Πολλές εφαρμογές εικονικών ενδοσκοπήσεων έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια τόσο για ερευνητικούς σκοπούς όσο και ως εμπορικά προϊόντα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα εμπορικού πακέτου είναι το προϊόν "Examiner 3Dnet" της εταιρείας Biotronics 3D, το οποίο είναι ένα πολυχρηστικό αλληλεπιδραστικό εργαλείο διάγνωσης, που επιτρέπει την 2D και 3D ανακατασκευή δεδομένων από MRI και CT.

V. ΕΙΔΗ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΕΝΔΟΣΚΟΠΗΣΗΣ

Η εικονική ενδοσκόπηση αποτελεί την προσομοίωση των ενδοσκοπικών επεμβάσεων που χρησιμοποιούν τις μεθόδους της Εικονικής Πραγματικότητας (Virtual Reality) σε συνδυασμό με τα Γραφικά Υπολογιστή (Computer Graphics). Ως εναλλακτική, λοιπόν, λύση (ή προσομοίωση) των ιατρικών ενδοσκοπικών διαδικασιών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αξιολογήσει το παχύ έντερο, τους βρόγχους, το στομάχι, τις κύστες, τα νεφρά, τον λάρυγγα, την καρδιά κ.τ.λ.

Η εικονική ενδοσκόπηση θεωρείται ένα γρήγορο και ακριβές απεικονιστικό και διαγνωστικό εργαλείο. Πιο συγκεκριμένα, τα πλεονεκτήματά του είναι πολλά. Η διαφανής όψη της πορείας ενδιαφέροντος δεν απαιτεί την αφαίρεση των ιστών που εμποδίζουν πριν την απεικόνιση. Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό είναι η αυτόματη αληθινή κεντρική γραμμή που επισημαίνει και πλοηγεί μέσω της ανώμαλης πορείας και καταφέρνει να μειώνει το φορτίο εργασίας της χειρωνακτικής λειτουργίας. Επιπλέον, η ισωμένη, 360 βαθμών, πλήρης όψη του επιλεγμένου μονοπατιού επιτρέπει τη γρήγορη ανίχνευση ανωμαλίας και τέλος η ανίχνευση της d polyp μειώνει τον χρόνο εξέτασης και βελτιώνει τη διαγνωστική απόδοση στις

κολογραφικές μελέτες (colonography studies).

Η εικονική ενδοσκόπηση εφαρμόζεται σε ποικίλες ενδοσκοπικές διαδικασίες.

- A. Εικονική βρογχοσκόπηση-Πνεύμονα (Virtual bronchoscopy)
- B. Εικονική κολονοσκόπηση-Παχέος εντέρου (Virtual Colonoscopy)
- C. Εικονική γαστροσκόπηση-Στομάχι (Virtual gastroscopy)
- D. Εικονική λαρυγγοσκόπηση (Virtual Laryngoscopy)
- E. Εικονική καρδιο-ενδοσκόπηση-Καρδιά (Virtual cardioendoscopy)
- F. Εικονική ενδοσκόπηση του κοιλιακού συστήματος του ανθρώπινου εγκεφάλου (Virtual Ventriculoscopy)
- G. Εικονική ενδοσκόπηση του αγγειακού συστήματος (Virtual Angioscopy)
- H. Εικονική χολοκυστοσκόπηση και Χοληδοχοσκόπηση-Αγωγοί χοληδόχων κύστεων και χολών (Virtual Cholecystoscopy, Choledochoscopy)
- I. Εικονική κυστεοσκόπηση-Ουρική κύστη (Virtual Cystoscopy)
- J. Στερεοσκοπική εικονική ενδοσκόπηση

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ

Η εικονική ενδοσκόπηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μιμηθεί την ενδοσκοπική χειρουργική επέμβαση πριν από την πραγματική απόδοση, βοηθώντας κατά συνέπεια τον χειρουργό να προγραμματίσει την ενεργό προσέγγιση. Εν περιλήψει, η εικονική ενδοσκόπηση είναι μια δημιουργούμενη τεχνική με πολλαπλάσιες πιθανές εφαρμογές που θα μπορούσαν να ασκήσουν σημαντική επίδραση στα κοινά κλινικά ζητήματα, ειδικά ορθολογική διαλογή καρκίνου. Η βελτιωμένη διαλογή θα μπορούσε να ανιχνεύσει ορισμένους καρκίνους σε ένα αρχικό, ιάσιμο στάδιο και θα μπορούσε να αποτρέψει την ανάπτυξη του καρκίνου.

Με τις συνεχιζόμενες προόδους στο λογισμικό και το υλικό, η εικονική ενδοσκόπηση προσφέρει την υπόσχεση των γρηγορότερων και φτηνότερων μεθόδων αξιολόγησης. Σε ορισμένες κλινικές καταστάσεις, η εικονική ενδοσκόπηση μπορεί να ενισχύσει τη διάγνωση, τον προεγχειρητικό προγραμματισμό, την ενεργό τεχνική και την postoperative συνέχιση.

Μελλοντικές τάσεις για την εικονική ενδοσκόπηση

Η εικονική ενδοσκόπηση έχει εφαρμοστεί στα

διαφορετικά μέρη του ανθρώπινου σώματος (και ακόμη και σε άλλες βιολογικές δομές). Ο χαρακτηριστικός στόχος αυτών των εφαρμογών ήταν είτε διάγνωση, ανατομική διδασκαλία είτε προγραμματισμός για τις σύνθετες επεμβάσεις.

Οι μελλοντικές προκλήσεις των εικονικών εφαρμογών ενδοσκόπησης βρίσκονται στην ένταξη στην πραγματική χειρουργική επέμβαση ως ενίσχυση πλοήγησης. Από ιδιαίτερη σπουδαιότητα θα είναι η ολοκλήρωση των ενδοσκοπικών μορφών απεικόνισης, όπως ο υπέρηχος, οι ενδοσκοπικοί ανιχνευτές λέιζερ, ο πλήρης-τομέας MRI, οι ανιχνευτές των ακτίνων Χ και πολύ περισσότεροι για να παρέχει μια ενημερωμένη οπτική σχετικά με την τρέχουσα κατάσταση των διάφορων οργάνων.

Βιβλιογραφία

1. <http://www.iav.gr/modules.php?name=News&file=article&sid=26>
2. http://users.hol.gr/~pastagr/arura/200101/mri_a.htm
3. <http://mpl.med.uoa.gr/ekpaideytiko-yliko/i-y-stin-iatrik/i-eikonik-pragmatikotita-stin-iatrik.pdf>
4. <http://www.thoracicsurgery.gr/gr/content/view/136/44/lang,en/>
5. http://www.biosim.ntua.gr/GreekSite/lessons/image_processing_lecture_nuclear_medicine_v4.pdf
6. <http://math.lbl.gov/~deschamp/html/gallery.html>
7. <http://groups.csail.mit.edu/vision/medical-vision/virtual-endoscopy/>
8. <http://www.math.tau.ac.il/~dcor/Omer/coloring.html>
9. <http://www.aafp.org/aafp/20020701/107.html>
10. http://www.nlm.nih.gov/research/visible/vhp_conf/robb/robb_pap.htm
11. <http://www.gris.uni-tuebingen.de/people/staff/bartz/endo-scopy.html>
12. <http://www.surpassingtech.com/virtual.asp>
13. http://www.radiologie-lmu.de/patienteninformationen/virtuelle-koloskopie-2_en.html
14. <http://www.ntu.edu.sg/home5/ps1196735c/Computed%20Tomography%20Imaging.htm>
15. http://users.hol.gr/~pastagr/arura/200101/mri_a.htm
16. <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=17126164>
17. <http://www.gris.uni-tuebingen.de/people/staff/bartz/Publications/paper/bios99.pdf>
18. <http://www.gris.uni-tuebingen.de/people/staff/bartz/tutorials/vis2005/vis05-05-endos.pdf>
19. <http://www.medscape.com/viewarticle/459605>
20. http://www.diagnoseklinik-muenchen.de/index_en.php?m=3&m2=4&s=3_4_2#
21. <http://www.eng.uci.ac.cy/cpitris/courses/ECE001/notes/Ch04-2005.pdf>
22. <http://www.sdms.org/career/career.asp>
23. <http://www.diagnoseklinik-muenchen.de/pdf/b1.pdf>
24. http://www.ijri.org/getarticleimages.asp?a=IndianJRadiolImaging_2002_12_4_473_28516
25. <http://dspace.lib.uom.gr/bitstream/2159/1681/6/Dhmtropoulos.pdf>
26. <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/6019/16079/00745337.pdf?isnumber=16079&prod=CNF&arnumber=745337&arSt=435&arEd=438&arAuthor=Gobbetti%2C+E.%3B+Pili%2C+P.%3B+Zorcolo%2C+A.%3B+Tuveri%2C+M.>
27. <http://www.blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1111/j.1467-8659.2005.00831.x>