# ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΣΤΗΝ ΟΥΡΟΛΟΓΙΑ: ΜΙΑ ΠΡΩΤΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ


**ΙΩΑΝΝΗΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΣ[1], ΚΑΡΤΣΑΚΛΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ [2] , ΒΑΝΔΩΡΟΥ ΝΕΦΕΛΗ[2] , ΒΟΣΣΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ[2] , ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΜΠΟΥΡΟΠΟΥΛΟΣ [2] , ΤΣΙΜΑΡΑ ΜΑΡΙΑ [3] , ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΠΟΥΡΟΠΟΥΛΟΣ[1,4]**

**Τμήμα Επιστήμης των Υλικών, Πανεπιστήμιο Πατρών [1] Γενικό Νοσοκομείο Πατρών ' Ο Άγιος Ανδρέας', Πάτρα, Ουρολογική Κλινική [2] , Ακτινολογικό Εργαστήριο [3]**
**Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας/Ινστιτούτο Επιστημών Χημικής Μηχανικής (ΙΤΕ/ΙΕΧΜΗ), Πάτρα [4]**


## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τρισδιάστατη (3D) εκτύπωση ανήκει σε μια ομάδα μεθόδων προσθετικής κατασκευής (Additive Manufacturing, AM), οι οποίες χρησιμοποιούνται στην κατασκευή αντικειμένων από τρισδιάστατα ψηφιακά πρότυπα μέσω της διαδοχικής πρόσθεσης επάλληλων στρώσεων υλικού. Τα τελευταία χρόνια, η ραγδαία ανάπτυξη της 3D εκτύπωσης παρέχει την τεχνολογική βάση που ενώνει την επιστήμη των υλικών, τη βιολογία και την κλινική ιατρική. Η τεχνική Fused Deposition Modeling (FDM) είναι από τις πιο δημοφιλείς διαδικασίες της προσθετικής κατασκευής, καθώς χρησιμοποιεί θερμοπλαστικά πολυμερή νήματα για την παραγωγή προϊόντων τρισδιάστατης γεωμετρίας. Με την FDM επιτυγχάνεται υψηλή αποδοτικότητα στη σχέση ποιότητας/κόστους κατασκευής και μπορούμε να επιτύχουμε εξαιρετικά ικανοποιητικές μηχανικές ιδιότητες με την κατάλληλη επιλογή νήματος [1]. Έχει βαθιά επιρροή στην βιοϊατρική καθώς έχει χρησιμοποιηθεί για τη διαμόρφωση κυττάρων, την κατασκευή πρωτοτύπων και προσθετικών ιατρικών συσκευών, και σε πολλές άλλες εφαρμογές [2-3]. Τα όργανα του ουροποιητικού, όπως τα νεφρά και η ουροδόχος κύστη, παρουσιάζουν τεχνικές προκλήσεις λόγω της σύνθετης δομής τους. Η 3D εκτύπωση για την ανασύσταση αυτών των οργάνων αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο, βοηθώντας στην ιατρική εκπαίδευση αλλά και στον προγραμματισμό και την επιτυχή διεξαγωγή χειρουργικών επεμβάσεων [4].

## ΣΚΟΠΟΣ

Στην παρούσα εργασία γίνεται εφαρμογή της 3D εκτύπωσης: **Α)** στην εκτύπωση νεφρού με νεόπλασμα η οποία πραγματοποιήθηκε με ανασύσταση των εικόνων της μαγνητικής τομογραφίας (MRI) του ασθενούς και **Β)** στο σχεδιασμό και κατασκευή ενός εκπαιδευτικού λαπαροσκοπικού τροκάρ.

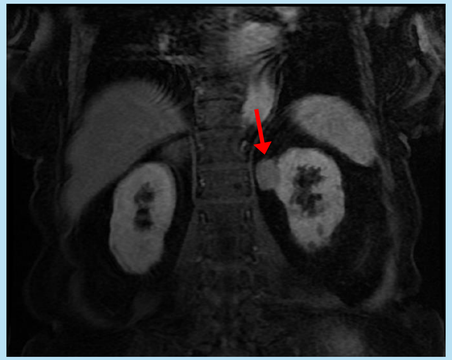
## ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ

Αρχικά (**Α**) με τη χρήση του λογισμικού 3D Slicer έγινε ανασύσταση σε ένα 3D ψηφιακό μοντέλο των εικόνων DICOM από τη μαγνητική τομογραφία του ασθενούς. Κατόπιν έγινε εξαγωγή σε αρχείο .stl, καθορίσθηκαν οι παράμετροι εκτύπωσης με το λογισμικό UltiMaker Cura, έγινε επιλογή του υλικού (PETG, Polyethylene Terephthalate Glycol) και τέλος το αρχείο με τη μορφή .gcode μεταφέρθηκε στον 3D εκτυπωτή (Creality Ender-3 S1) για κατασκευή. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε η τεχνική μοντελοποίησης απόθεσης τήγματος (Fused Deposition Modeling, FDM). Σε δεύτερο στάδιο για εκπαιδευτικούς σκοπούς, έγινε σχεδιασμός ενός λαπαροσκοπικού τροκάρ **(Β)** στο λογισμικό Blender, πραγματοποιώντας λεπτομερώς την σχεδίαση του και δίνοντας βάση στην λειτουργικότητα των εξαρτημάτων που το απαρτίζουν. Το τροκάρ εκτυπώθηκε επίσης με την τεχνική FDM.

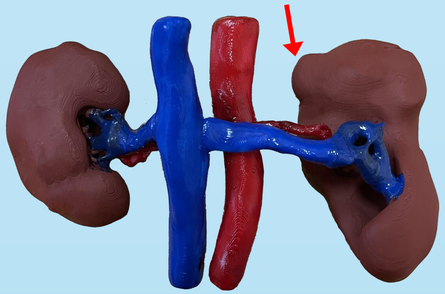
## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Α) Εκτύπωση νεφρού με νεόπλασμα

**Εικόνα 1:** MRI ασθενή, που χρησιμοποιήθηκε για την 3D ανασύσταση των νεφρών με νεόπλασμα. (Κόκκινη ένδειξη)

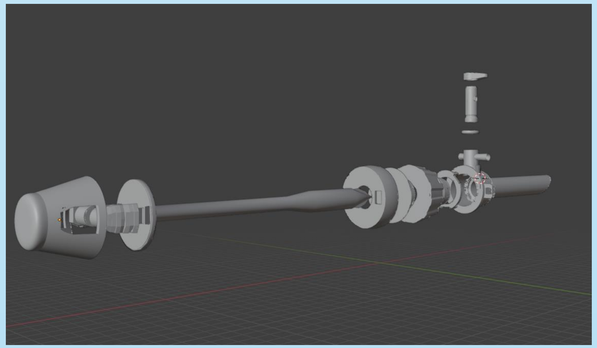


**Εικόνα 2:** 3D εκτύπωση των ανατομικών σχέσεων νεφρών, αορτής, κάτω κοίλης φλέβας και νεφρικών αγγείων. Η κόκκινη ένδειξη υποδεικνύει το νεόπλασμα.

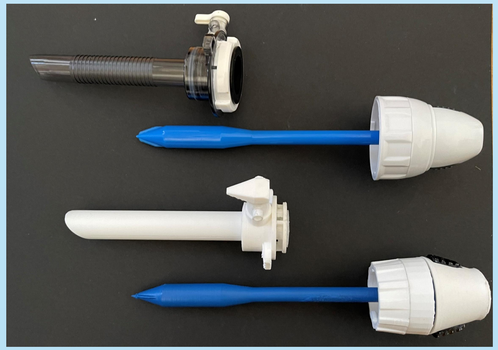


### Β) Εκτύπωση λαπαροσκοπικού τροκάρ

**Εικόνα 3:** Σχεδιασμός λειτουργικού προσομοιωτή λαπαροσκοπικού τροκάρ.



**Εικόνα 4:** Επιτυχής 3D εκτύπωση του τροκάρ. Στο επάνω μέρος παρουσιάζεται ένα τροκάρ εμπορίου ενώ ακριβώς απο κάτω παρουσιάζεται το εκτυπωμένο τροκάρ μετά την σχεδίαση.



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε ικανοποιητική αποτύπωση του νεοπλάσματος και της χειρουργικής ανατομίας, καθώς υπάρχει σαφής διαχωρισμός του νεοπλάσματος από τις αγγειακές δομές και το φυσιολογικό νεφρικό παρέγχυμα και ο ασθενής υποβλήθηκε σε επιτυχή ανοιχτή μερική νεφρεκτομή. Επίσης πολύ ακριβής είναι και η κατασκευή του τροκάρ. Με την αξιοποίηση των εικόνων MRI είναι δυνατή η τρισδιάστατη εκτύπωση ανατομικών δομών του ουροποιητικού συστήματος η οποία μπορεί να βοηθήσει στον καλύτερο σχεδιασμό της χειρουργικής επέμβασης. Επίσης η μελλοντική χρησιμοποίηση υλικών με ιδιότητες παρόμοιες με τον ιστό δίνει τη δυνατότητα στο χειρουργό να πραγματοποιεί εκτομή και νεφρορραφή ανάλογα με την ανατομία του ασθενούς. Επιπλέον, η 3D εκτύπωση παρέχει την δυνατότητα κατασκευής εύκολα και με μικρό κόστος εργαλείων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην χειρουργική εκπαίδευση. Είναι επίσης χρήσιμη για την κατανόηση από τον ασθενή του είδους της επέμβασης καθώς και των πιθανών επιπλοκών. Τέλος, μελλοντικά η 3D εκτύπωση αναμένεται να έχει εφαρμογή στην βιοτεχνολογία και στην κατασκευή συνθετικών ιστών, αφού εκτυπώνοντας ένα υπόστρωμα από βιοϋλικό και εναποθέτοντας σε αυτό πολυδύναμα κύτταρα και αυξητικούς παράγοντες μπορεί να δημιουργηθούν ιστοί η τμήματα οργάνων και του ουρογεννητικού συστήματος.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ


1. Dey, A., Eagle, I. N. R., & Yodo, N. (2021). A review on filament materials for fused filament fabrication. Journal of Manufacturing and Materials Processing, 5(3), 69.
2. Cacciamani, G. E., Okhunov, Z., Meneses, A. D., Rodriguez-Socarras, M. E., Rivas, J. G., Porpiglia, F., Liatsikos, E., & Veneziano, D. (2019). Impact of three-dimensional printing in Urology: State of the art and Future Perspectives. A Systematic review by ESUT-YAUWP Group. European Urology, 76(2), 209–221.
3, Silberstein, J. L., Maddox, M. M., Dorsey, P., Feibus, A., Thomas, R., & Lee, B. R. (2014). Physical models of renal malignancies using standard cross-sectional imaging and 3-Dimensional printers: a pilot study. Urology, 84(2), 268–273.
4. Liu, K., Hu, N., Yu, Z., Zhang, X., Ma, H., Qu, H., & Ruan, C. (2023). 3D printing and bioprinting in urology. International Journal of Bioprinting, 9(6), 0969.