

ΡΟΗ ΑΙΜΑΤΟΣ ΣΕ ΜΙΚΡΟ-ΑΓΓΕΙΑ

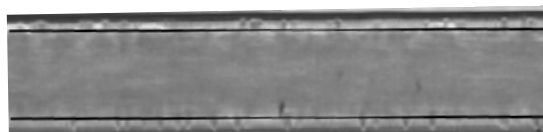
Γ.Γ. Στεργίου, Σ.Β. Παράς*

Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή, ΑΠΘ, Ελλάδα

*paras@auth.gr

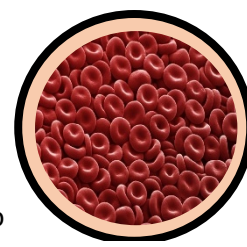
ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αιμοδυναμική μελέτη είναι ιδιαίτερα σημαντική στον τομέα της βιοϊατρικής μηχανικής, καθώς παρέχει σημαντικές πληροφορίες για το σχεδιασμό νέων εμφυτεύσιμων συσκευών καθώς και για την κατανόηση του μηχανισμού ασθενειών που σχετίζονται με τη ροή του αίματος. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε πειραματικά και υπολογιστικά η ροή αίματος σε μ -αγγεία, όπου εμφανίζεται το φαινόμενο **Fahraeus-Lindqvist**^[1]. Το φαινόμενο αυτό παρουσιάζεται σε αγωγούς με υδραυλική διάμετρο **μικρότερη** από 300 μ m και αφορά στη εμφάνιση στο τοίχωμα του αγγείου λεπτής στιβάδας με πρακτικά μηδενική συγκέντρωση ερυθρών αιμοσφαιρίων (**Στιβάδα Χωρίς Αιμοσφαίρια, ΣΧΑ, Cell Free Layer, CFL**). Σε αυτή την περίπτωση τα αιμοσφαίρια τείνουν να μεταναστεύουν από το τοίχωμα προς το κέντρο του μ -αγγείου^[2].

Σχήμα 1 : Φωτογραφία αγωγού 100 μ m και το CFL

Σε προηγούμενη εργασία^[3] παρασκευάστηκαν ρευστά (ανάλογα αίματος) τα οποία παρουσιάζουν ιξωδοελαστικές ιδιότητες παρόμοιες του ανθρώπινου αίματος και περιέχουν ανθρώπινα ερυθρά αιμοσφαίρια (RBCs) και φυσιολογικό ορό στις κατάλληλες αναλογίες. Η προσθήκη διαλύματος EDTA παρεμποδίζει την πήξη των RBCs. Έγιναν πρώτα μετρήσεις της αξονικής ταχύτητας του αίματος σε αγωγούς τετραγωνικής διατομής (ακμής: 170, 100, 50 μ m) με τη μέθοδο *micro Particle Image Velocimetry* (μ -PIV). Στη συνέχεια μετρήθηκε με φωτομετρική μέθοδο το μέγεθος του CFL. Διαπιστώθηκε ότι καθώς αυξάνεται ο αιματοκρίτης μειώνεται το πλάτος του CFL. Επίσης παρατηρήθηκε ότι όταν ο αριθμός *Reynolds* (*Re*) αυξάνεται, υπάρχει αύξηση του CFL, το μέγεθός του οποίου σταθεροποιείται για $Re > 5$. Εφαρμόζοντας τη *Μεθοδολογία Επιφάνειας Απόκρισης* (RSM) τα πειραματικά αποτελέσματα αξιοποιήθηκαν για τη διατύπωση συνάρτησης πρόβλεψης του μεγέθους του CFL συναρτήσει του αριθμού *Re* και του αιματοκρίτη του ρευστού (αβεβαιότητα < 10%)^[3]. Ο συσχετισμός επαληθεύθηκε με δεδομένα παλιότερων πειραματικών μετρήσεων που βρέθηκαν στη βιβλιογραφία.

Στην παρούσα μελέτη αξιοποιούνται τα αποτελέσματα της προηγηθείσας πειραματικής εργασίας για τη μελέτη του πεδίου ροής σε μ -αγγεία χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο **“δυο περιοχών”** και κώδικα υπολογιστικής ρευστοδυναμικής (CFD)^[4]. Στην περιοχή του CFL το πεδίο ροής επιλύεται θεωρώντας το ρευστό Νευτωνικό (πλάσμα) ενώ στον πυρήνα του αγγείου μη-Νευτωνικό (αίμα). Έγιναν προσομοιώσεις για διάφορες παροχές αίματος και αιματοκρίτη σε μ -αγγεία κυκλικής διατομής με διάμετρο 100 μ m. Υπολογίσθηκαν οι κατανομές της αξονικής ταχύτητας, η τοιχωματική διατμητική τάση (*WSS*) και η πτώση πίεσης κατά μήκος του αγγείου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι είναι σε καλή συμφωνία με τα αντίστοιχα^[3] πειραματικά. Η σύγκριση με ροή αίματος απουσία του CFL έδειξε ότι τόσο η *WSS* όσο και η πτώση πίεσης, λόγω του φαινομένου *Fahraeus-Lindqvist*, είναι υποδιπλάσια εκείνων που αντιστοιχούν σε ροή χωρίς τη CFL. Επομένως, η παρούσα εργασία προτείνει μία απλοποιημένη υπολογιστική προσέγγιση για τη αιμοδυναμική σε μ -αγγεία, η οποία λαμβάνει υπόψιν της την ύπαρξη της CFL.



Σχήμα 2: Μοντέλο δυο περιοχών

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Pries, A.R., Secomb, T.W. 2008. *Microcirculation (Second Edition)*. San Diego: Academic Press.
- [2] Pitts, K.L., Fenech, M. 2013. *Physiological Measurement* **34**(10): 1363.
- [3] Κεραμυδάς, Α.Τ. 2014. Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Χημικών Μηχανικών ΑΠΘ.
- [4] Sharan, M., Popel, A.S. 2001. *Biorheology*. **38**: 415-428