

Κατανόηση της πίεσης του αίματος μέσα από μία Εκπαιδευτική Προσομοίωση σύμφωνα με Μεθοδολογική προσέγγιση STEM

Ειρήνη Λαχανά, Εκπαιδευτικός, ΑΣΠΑΙΤΕ, Παιδαγωγικό τμήμα laxanairini@gmail.com

Στέφανος Αρμακόλας, PhD, MEd, ΕΔΙΠ, ΑΣΠΑΙΤΕ, Παιδαγωγικό τμήμα armakolas@aspete.gr

Ιωάννης Χιωτέλης, PhD, MSc, Διδάσκων Πανεπιστημίου Πατρών johnchiotelis@yahoo.gr

Περίληψη

Η εφαρμογή της εκπαιδευτικής ρομποτικής, των κλάδων του STEM και της Υπολογιστικής Σκέψης, εισάγεται ολοένα και περισσότερο στα σχολικά περιβάλλοντα με το ενδιαφέρον τόσο των επιστημόνων όσο και των εκπαιδευτικών, για τους κλάδους αυτούς, να αυξάνει ραγδαία. Αποτελούν καινοτόμες μεθοδολογίες διδασκαλίας, που μεταμορφώνουν την τάξη σε δυναμικό χώρο μάθησης. Οι παραπάνω επιλογές ευνοούν συμμετοχή των μαθητών, προωθούν την ανάπτυξη της κριτικής σκέψη και ικανότητας τους. Η εμπλοκή τους με την σύνθεση μίας ιδέας και την υλοποίηση εναλλακτικών σεναρίων, τους οδηγεί στην κατασκευή προσομοιώσεων μέσω πειραμάτων, στη μοντελοποίηση πρωτοτύπων, με βάση τις επιστήμες. Στην παρούσα εργασία, μέσω ενός πειράματος καταγράφηκαν οι αρχές της Φυσικής και κυρίως των νόμων της υδροστατικής πίεσης, στην καταγραφή της αρτηριακής πίεσης. Αναπτύσσονται οι νόμοι και έννοιες της Φυσικής στις οποίες στηριχτήκαμε, αναλύονται σε σχέση με το περιβάλλον STEM οι μετρήσεις μας και τέλος καταγράφονται τα συμπεράσματα στα οποία καταλήξαμε. Συμπερασματικά φαίνεται ότι μέσω της προσομοίωσης οι μαθητές θα είναι ικανοί να αναλύσουν τη συμπεριφορά της αρτηριακής πίεσης αναλόγως την αιματική ροή, σε κεντρικά ή σε περιφερικά όργανα του ανθρώπινου σώματος.

Λέξεις κλειδιά

STEM, Υπολογιστική Σκέψη, Αρτηριακή πίεση (ΑΠ), Συστολική πίεση αίματος, Διαστολική πίεση αίματος, Υδροστατική πίεση, Πειραματική διάταξη

Abstract

Methodologies like Educational Robotics, STEM and Computational Thinking, are introduced into school environments. Both scientists' and teachers' interest is rapidly increased about these fields of science. They are innovative teaching methodologies that transform the classroom into a dynamic learning space and they promote students' participation, critical thinking and competence. Through experiments and modeling of prototypes which are based on science students are involved with the synthesis of an idea and the implementation of alternative scenarios. In this paper, we try to study if blood pressure is obey the laws of Physics and especially the hydrostatic pressure, by an experiment. We use a STEM environment based on Hydrostatic pressure and we record our measurements. In conclusion it seems that students through the experiment of hydrostatic pressure will be able to analyze blood pressure behavior according to blood flow, in central or peripheral organs in human body.

Key words

STEM, Computational Thinking, Blood Pressure (BP), Systolic Blood Pressure (SBP), Diastolic Blood Pressure (DBP), Hydrostatic Pressure, Experimental model

1. Εισαγωγή

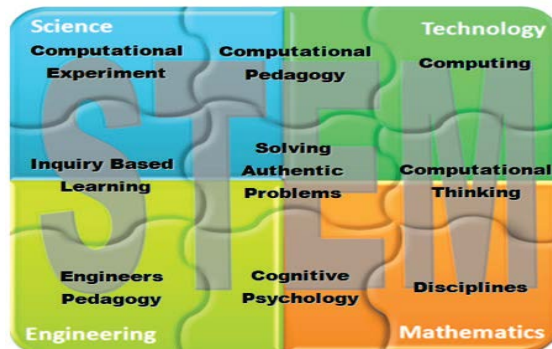
Η πρόσβαση στην εκπαίδευση υψηλής ποιότητας αποτελεί θεμελιώδες δικαίωμα για όλους. Σε περιόδους παγκόσμιας ευπάθειας, θέματα όπως η βιωσιμότητα, η υγεία, η ειρήνη, η ανακούφιση της φτώχειας, η ισότητα των φύλων και η διατήρηση της βιοποικιλότητας πρέπει να βρίσκονται στην πρώτη γραμμή της σκέψης, σχεδιασμού και δράσεων, που σχετίζονται με την ενίσχυση της εκπαίδευσης STEM. Ενώ η σχετική ισορροπία και η έννοια αυτών των κλάδων ποικίλλει σε όλο τον κόσμο, είναι αλληλένδετες έννοιες, με στόχο την πρόοδο (Διεθνές Συμβούλιο Συνδέσμων για την Επιστήμη της Επιστήμης, ICASE, 2013). Η μεταβαλλόμενη παγκόσμια οικονομία και οι ανάγκες του εργατικού δυναμικού, υποδεικνύουν ότι θα υπάρξει έλλειψη εργαζομένων προετοιμασμένων εκπαιδευτικών STEM, σε όλο τον κόσμο (Kennedy, 2014). Οι κλάδοι STEM, τονίζουν δεξιότητες του 21ου αιώνα, όπως η προσαρμοστικότητα, η επικοινωνία, οι κοινωνικές δεξιότητες, η επίλυση προβλημάτων, η αυτοδιαχείριση

και η ανάπτυξη πρότυπων συστημάτων. Οι εκπαιδευτικοί μέσω του STEM μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να αναπτύξουν αυτές τις δεξιότητες. Το STEM είναι μια ολοκληρωμένη διδακτική προσέγγιση για τη μελέτη των μεγάλων προκλήσεων της εποχής μας, όπως η ενεργειακή απόδοση, η διαχείριση πόρων, η ποιότητα ζωής και η πρόληψη κινδύνων. Οι κλάδοι STEM, θα πρέπει να γίνουν κατανοητοί πριν απευθυνθούν σε άλλους κλάδους, πχ οικονομία, πολιτική (Bybee, 2010). Σκοπός του STEM είναι η κατάκτηση της γνώσης, η κατάρτιση και οι δεξιότητες για τον εντοπισμό των προβλημάτων σε πραγματικές καταστάσεις της ζωής, για την εξήγηση του φυσικού και του σχεδιασμένου κόσμου σε περιβάλλον STEM. Επιπλέον, η κατανόηση των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων των κλάδων STEM σε μορφή ανθρώπινης γνώσης, έρευνας και σχεδιασμού. Ακόμη η συνειδητοποίηση του τρόπου με τον οποίο τα επιστημονικά πεδία STEM διαμορφώνουν το υλικό, πνευματικό και πολιτισμικό περιβάλλον μας και τέλος η θέληση του μαθητή να συμμετάσχει σε θέματα που

σχετίζονται με το STEM, ως ενεργός και παραγωγικός πολίτης, ο οποίος αλληλεπιδρά (Bybee, 2010).

Τα υψηλής ποιότητας εκπαιδευτικά προγράμματα STEM, περιλαμβάνουν μαθήματα που ενσωματώνουν την τεχνολογία στην επιστήμη, μαθηματικά προγράμματα σπουδών, τον μηχανικό σχεδιασμό και την επίλυση προβλημάτων. Πρέπει να προωθούν την ταυτοποίηση του προβλήματος, την καινοτομία, την αξιολόγηση, τον επανασχεδιασμό, την πρακτική κατανόηση του σχεδιασμένου περιβάλλοντος και την έρευνα. Απαραίτητα είναι τα κατάλληλα υλικά και τεχνολογίες για την μοντελοποίηση, την προσομοίωση και την εξ αποστάσεως εκπαιδευση για την ενίσχυση της πρακτικής εκπαίδευσης STEM, μέσω της τυπικής αλλά και της άτυπης μαθησιακής εξάσκησης. Πρέπει να προωθούν τις συνεργατικές προσεγγίσεις στη μάθηση, τις ευκαιρίες συνεργασίας εκπαιδευτών STEM και φοιτητών, με το εργατικό δυναμικό και την ευρύτερη κοινότητα STEM. Οι εκπαιδευτικοί STEM πρέπει να αναγνωρίσουν το συναρπαστικό περιβάλλον του, να ενισχύσουν, να υποστηρίξουν τη διδασκαλία του στην εκπαίδευση και να ενσωματώσουν τις εφαρμογές του στο πρόγραμμα σπουδών. Επίσης να εντοπίσουν και να χρησιμοποιήσουν ποιοτικούς πόρους οργάνωσης STEM, για την ενίσχυση των προγραμμάτων σπουδών μέσω της εφαρμογής της συνεργατικής προσέγγισης ώστε να παρέχουν διεπιστημονικές, πολυπολιτισμικές και καινοτόμες ιδέες στους μαθητές. Οι διευθυντές σχολείων πρέπει να υποστηρίξουν τους εκπαιδευτικούς σε αυτή τους την προσπάθεια. Θα πρέπει οι επιχειρήσεις, η κοινωνία και τα μέσα ενημέρωσης να ενθαρρύνουν τον συντονισμό, την ανάπτυξη και τη διαθεσιμότητα της εκπαίδευσης STEM (Kennedy, 2014). Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να βασίζονται στην προηγούμενη γνώση των μαθητών και στην οργάνωση της, γύρω από μεγάλες ιδέες, να προωθούν την ανάπτυξη αλληλεξαρτήσεων μεταξύ εννοιών και διαδικασιών, να επιτρέπουν τον ενεργό ρόλο των μαθητών. Η αποτελεσματικότητα του εκπαιδευτικού είναι εξαιρετικά σημαντική για την επιτυχή διδασκαλία. Η γνώση του περιεχομένου και η ποιοτική παιδαγωγική, η αποτελεσματικότητα και η αυτοπεποίθηση των εκπαιδευτικών, σχετίζονται με την ενίσχυση κινήτρου των μαθητών, την αυτοεκτίμηση, τις πιο θετικές στάσεις και την βελτίωση της αυτοεκτίμησης τους (Stohlmann et al., 2012). Παραδείγματα καλά προετοιμασμένων πρακτικών εκπαίδευσης STEM στην Ευρώπη είναι το SCIENTIX (Βέλγιο), FIBONACCI (Γαλλία & συνεργάτες), SiS-CATALYST (Αγγλία & συνεργάτες), YOSCIW, Amgen Teach, WOMEN IN TECH (WIT) και RAILSGIRLS (Φινλανδία), ενώ στην Αμερική το 2009 ξεκίνησε η πρωτοβουλία Educate to Innovate (Krzysztof et al., 2016/ European Commission, Reeve, 2015)

Σύμφωνα με τους Ψυχάρη, Κοτζαμπασάκη και Καλοβρέκτη, (2018), η εισαγωγή του STEM στην εκπαίδευση πρέπει να περικλείει την μεθοδολογία του υπολογιστικού πειράματος, την διεπιστημονική προσέγγιση και να υλοποιείται ως μεθοδολογία επίλυσης προβλήματος με την διερευνητική/ανακαλυπτική μάθηση, αξιοποιώντας τις διαστάσεις της Υπολογιστικής Σκέψης (Υ.Σ.) και της Παιδαγωγικής των Μηχανικών (περιεχόμενο - σχεδίαση) κατά την διάρκεια του μαθήματος. Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της Υ.Σ. είναι η διατύπωση του προβλήματος με τρόπο που να μπορεί να γίνει χρήση υπολογιστή,, η αναγνώριση μοτίβων, προτύπων, ο προγραμματισμός – αλγόριθμοι και τέλος η αιτιολόγηση και οι εναλλακτικές λύσεις με βάση την Υ.Σ. Η πρόταση τους σχετικά με την Παιδαγωγική STEM παρουσιάζεται στην εικόνα 1 .



Εικόνα 1: Πάζλ ολοκλήρωσης STEM.

Το STEM με εφαρμογές και στις τέχνες (STEAM), στην εκπαίδευση, φαίνεται να έχει θετικά αποτελέσματα στη διαδικασία της μάθησης. Ο συνδυασμός της υπολογιστικής σκέψης και της επιστήμης της μηχανικής προωθεί την ικανότητα των μαθητών να εφαρμόσουν μια μορφή διδακτικού σεναρίου, με βάση την έρευνα, να συλλέξουν, επεξεργαστούν δεδομένα και να λύσουν ένα πραγματικό πρόβλημα, όπως φαίνεται συνοπτικά και στην εικόνα 2. Δίνεται η δυνατότητα στα παιδιά να συμμετέχουν στη διαδικασία ανάπτυξης κώδικα με ειδικό οπτικό προγραμματισμό βασισμένο στην υπολογιστική επεξεργασία κειμένου. Επιπλέον, βάση της μηχανικής μπορούν να σχεδιάσουν και να δημιουργήσουν πρωτότυπα μοντέλα/ προσομοιώσεις και να κατανοήσουν ότι η λειτουργία τους πρέπει να εξεταστεί με βάση τα αποτελέσματα των δεδομένων που θα συλλέξουν (Psycharis, 2018).



Εικόνα 2: Το υπολογιστικό πείραμα με την προσθήκη της artifact κατασκευής, της υπολογιστικής σκέψης και της επιστημολογίας των μηχανικών.

2. STEM, ρομποτική και προσομοιώσεις στην εκπαίδευση

Ολοένα και περισσότερο αυξάνεται η προώθηση της πρακτικής εκπαίδευσης στα σχολεία πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, μέσω STEM παιχνιδιών, ρομποτικής, χρήσης βιντεοπαιχνιδιών και κομματιών Lego. Αρκετές μελέτες υποστηρίζουν ότι με αυτές τις μεθόδους βελτιώνεται η απόδοση των παιδιών, ενισχύεται η αυτοεκτίμησή τους και αυξάνεται το ενδιαφέρον τους για τις επιστήμες. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο Βιετνάμ βρέθηκε ότι μέσω της ολοκληρωμένης προσέγγισης STEM στην εκπαίδευση με τον σχεδιασμό παιχνιδιών, βελτιώνονται τα επίπεδα μάθησης των παιδιών. Θέτει στα παιδιά προβληματισμούς του πραγματικού κόσμου και καλούνται να λύσουν προβλήματα βρίσκοντας εναλλακτικές λύσεις, λειτουργώντας ομαδοσυνεργατικά και στην ολομέλεια (Le. Q et al., 2015; Eguchi, 2016).

Σχετικά με την εισαγωγή πειραμάτων και προσομοιώσεων στα εκπαιδευτικά προγράμματα το 2019 στην Ελλάδα, πραγματοποιήθηκε έρευνα, σε αγόρια και κορίτσια, Γυμνασίου και Λυκείου, που είχαν επαφή με την ρομποτική. Τα παιδιά χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, Α (18 μαθητές, ομάδα ρομποτικής) και Β (17 μαθητές, ομάδα ελέγχου). Με την χρήση ερωτηματολογίων προέκυψε ότι το 92,3% των μαθητών έχει ασχοληθεί από 1 έως 2 χρόνια με την εκπαιδευτική ρομποτική, ως εξωσχολική δραστηριότητα. Το 90% πιστεύουν ότι η εκπαιδευτική ρομποτική αποτελεί σημαντικό βοήθημα και εποπτικό εργαλείο για τις θετικές επιστήμες και 61,5% για τις θεωρητικές επιστήμες, ενώ το 39,5% όχι. Ποσοστό 85,4% πιστεύει ότι ο προγραμματισμός και το ρομπότ τους βοήθησε να κατανοήσουν καλύτερα τα πειράματα και να αυξήσουν τις υπολογιστικές τους ικανότητες και την αντίληψή τους. Επίσης, το 80% των μαθητών θα ήθελε η εκπαιδευτική ρομποτική και το STEM να αποτελούν μέρος του εκπαιδευτικού τους προγράμματος. Οι μαθητές εξετάστηκαν μέσω εργαλείων (ερωτηματολόγια), για τον έλεγχο της αυτοαποτελεσματικότητας στις έννοιες της Υπολογιστικής Σκέψης, όπου και διαπιστώθηκε σημαντική διαφορά για την ομάδα Α (Ξενάκης, Καλοβρέκτης, Παπαστεργίου, 2019).

Στο παρελθόν φάνηκε ότι οι περισσότεροι υποψήφιοι εκπαιδευτικοί δεν έχουν επαρκή γνώση και δεξιότητες σχετικά με την εκπαίδευση STEM και την χρήση της στην καθημερινότητα. Η ένταξη μαθημάτων STEM σε προπτυχιακό επίπεδο θα βοηθούσε τους εκπαιδευτικούς που το αντικείμενό τους δεν άπτεται στις επιστήμες. Οι Yildirim et al., το 2016, μελέτησαν τις επιδράσεις της εκπαίδευσης STEM, στην στάση των υποψήφιων δασκάλων, απέναντι στην προσέγγιση αυτή. Μετά από χρήση ερωτηματολογίων το 31.58% των εκπαιδευτικών, που συμμετείχαν, φάνηκε να πιστεύουν ότι η εκπαίδευση STEM αποτελεί διεπιστημονική προσέγγιση και εξασφαλίζει την ενεργό συμμετοχή των μαθητών. Το 25% των εκπαιδευτικών δήλωσε ότι είναι χρονοβόρα διαδικασία και δύσκολη. Στο κόστος αναφέρθηκε το 5.26%, στην δυσκολία εφαρμογής σε πολυπληθής τάξεις το 2.63% ενώ το 18.42% ανέφερε ότι δεν συμμετέχουν όλα τα μέλη της ομάδας. Όσον αφορά τις μεθόδους ενσωμάτωσης STEM στις τάξεις, το 11.84% ανέφερε ότι γνώριζε τα Lego, το 1.32% τα παιχνίδια ενώ το 2.63% δήλωσε ότι η τεχνική εφαρμόζεται μόνο σε εργαστήρια φυσικής και το 1.32% δήλωσε ότι αφορά η STEM μόνο σε προικισμένα και ταλαντούχα παιδιά με κλίση στις επιστήμες. Το 9.21% των υποψήφιων δασκάλων δήλωσαν ότι πρέπει η εκπαίδευση STEM να ξεκινάει από την προσχολική ηλικία, το 39,47% από το νηπιαγωγείο, το 25% από το δημοτικό σχολείο και το 10.53% από τη δευτεροβάθμια ενώ το 1.32% ανέφερε τη τριτοβάθμια εκπαίδευση.

Από την έρευνα των Ξενάκη, Καλοβρέκτη και Παπαστεργίου το 2019, μετά από ερωτηματολόγια στάσεων που μοιράστηκαν στους εκπαιδευτικούς, βρέθηκε ότι το 82% πιστεύει ότι χρειάζονται προαπαιτούμενες γνώσεις των καθηγητών για την κατασκευή και τον προγραμματισμό, η πλειοψηφία πιστεύει ότι θα πρέπει να συνεργαστούν πολλές ειδικότητες καθηγητών για τον σχεδιασμό και εκτέλεση των σεναρίων και το 78% πιστεύει ότι η εκπαιδευτική ρομποτική θα βελτιώσει το διδακτικό τους έργο. Σχετικά με τους λόγους της μειωμένης εισαγωγής STEM στα Ελληνικά κυρίως δημόσια σχολεία το 50% των καθηγητών πιστεύει ότι οφείλεται στο υψηλό κόστος, ενώ το 98% πιστεύει ότι οφείλεται στην έλλειψη του διδακτικού χρόνου. Κατέληξαν ότι εάν τα υλικά που χρησιμοποιούν οι μαθητές είναι ανακυκλώσιμα ή κατασκευάζονται από τους ίδιους πιθανόν το κόστος να μειωθεί φανερά και δεύτερον ότι όλοι οι εκπαιδευτικοί είναι θετικοί στην πιθανότητα επιπλέον επιμόρφωσης τους πάνω στον τομέα του STEM και της Υ. Σ.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να καταγράψουμε, σε πραγματικές συνθήκες ρύθμισης και μέτρησης τη αρτηριακή πίεση του ανθρώπου. σύμφωνα με τη μεθοδολογία STEM στο περιβάλλον του εργαστηρίου του Πανεπιστημίου Πατρών. Ερευνήσαμε κατά πόσο η αρτηριακή πίεση υπακούει στους νόμους της Φυσικής χρησιμοποιώντας συγκεκριμένη πειραματική διάταξη και καταγράψαμε τις μετρήσεις μας, αναλύοντας παρακάτω τα αποτελέσματα. Επιπλέον η εργασία στοχεύει στην κατανόηση της θεωρίας μέσω του πειράματος. Οι πειραματικές διατάξεις και η εισαγωγή STEM στην εκπαίδευση προωθεί την κατάκτηση της γνώσης των μαθητών, την ανατροφοδότηση και την ενεργή τους συμμετοχή στη διαδικασία (Psycharis, 2018). Ειδικότερα στην περίπτωση αυτή οι μαθητές εξοικειώνονται με βασικές λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού, γνωρίζοντας καλύτερα το ίδιο τους το σώμα, βιωματικά.

3. Πειραματική διάταξη – εκπαιδευτική προσομοίωση

Η μέθοδος ελέγχου μιας επιστημονικής - ερευνητικής ερώτησης, ονομάζεται πείραμα και διενεργείται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες. Οι ερευνητές κρατούν όλες τις σχετικές μεταβλητές σταθερές, εκτός από εκείνη είναι υπό μελέτη. Στην εκπαίδευση η συμβολή των πειραμάτων είναι σημαντική διότι όχι μόνο συμβάλλει στην ενεργητική μάθηση αλλά προάγει την καλλιέργεια ικανοτήτων κριτικής σκέψης και επίλυσης προβλημάτων (Hüttner, 2008). Μέσω της συστηματικής παρατήρησης και των πειραμάτων επιτυγχάνεται η κατάκτηση της γνώσης, η εμπάθυνση στο αντικείμενο, αλλά και η καλλιέργεια ικανοτήτων ανάληψης πρωτοβουλιών και ανακάλυψης. Επιπλέον, ανταποκρίνονται στην ουσιαστική ανάγκη του σύγχρονου ανθρώπου για καινοτομίες, ερευνητική διάθεση και δημιουργική έκφραση (Αρμακόλας, 2009; Καμαρινού, 2012; Papadiamantopoulou, et. al. 2016).

Η εκπαιδευτική προσομοίωση μέσω του πειράματος αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τους μαθητές. Προάγει την κατανόηση της επιστημονικής σκέψης και τους βοηθά να βιώσουν πρακτικές εφαρμογές της. Οι μαθητές μαθαίνουν να εφαρμόζουν έννοιες με σκοπό να αποκτήσουν δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων (Hüttner. 2008; Artemieva, 2016). Τα περιβάλλοντα μάθησης που δημιουργούνται δίνουν την ευκαιρία στους μαθητές να έρθουν σε επαφή με επιστημονικά φαινόμενα που διαφορετικά θα ήταν δύσκολο. Η τεχνολογία δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας προσομοίωσης συμβάντων, που διαφορετικά πιθανόν να πραγματοποιούνταν πολύ γρήγορα, πολύ αργά ή ακόμη και να ήταν πολύ επικίνδυνο, δαπανηρό ή δύσκολο να

οπτικοποιηθούν (Roblyer, 2008; Mach, et. al., 2017; Michaloudis, et. al., 2018). Η χρήση ενός θεωρητικού μοντέλου και της προσομοίωσης για την κατανόηση και την λύση περίπλοκων προβλημάτων έχει τις δικές της μεθόδους για να «υποχρεώσει» τα προβλήματα να λυθούν με τη αξιοποίηση των μαθηματικών, της φυσικής, των επιστημών υγείας και της παιδαγωγικής (Ψυχάρης, κ.α, 2018). Για τους μαθητές, που μελετούν την υγεία αποτελεί κίνητρο η σύνδεση της γνώσης που αποκτούν με το ίδιο τους το σώμα. Όταν επιχειρεί κανείς να παρακινήσει τους μαθητές, μέσω της προσομοίωσης του πειράματος, να ασχοληθούν με μια βιολογική λειτουργία του σώματός τους, για παράδειγμα την κυκλοφορία του αίματος, τους βοηθά να εξοικειωθούν με θέματα υψηλότερου επιπέδου και να κατανοήσουν βαθύτερα τα θέματα που εξερευνούν. Σκοπός της συγκεκριμένης προσομοίωσης είναι να ερευνηθεί κατά πόσο η αρτηριακή πίεση του ανθρώπου, η ρύθμισή αλλά και η μέτρησή της, υπακούει στους νόμους της Φυσικής. Μέσω του συγκεκριμένου πειράματος οι μαθητές καταφέρνουν, πέρα από τις γνώσεις τις οποίες κατακτούν, να αναπτύξουν τις δεξιότητές τους και την κριτική τους ικανότητα, καταλήγοντας σε συμπεράσματα τα οποία ερμηνεύοντας τα φθάνουν σε προβληματισμούς της πραγματικής ζωής και κυρίως να εξοικειωθούν με το ίδιο τους το σώμα, ιατρικούς και επιστημονικούς όρους, που πιθανότατα συναντήσουν στο μέλλον. Αξίζει να αναφέρουμε ότι πέρα από τα παραπάνω προωθείται και η διαδικασία κατάκτησης της γνώσης των μαθητών, η ανάπτυξη κινήτρων τους και το ενδιαφέρον τους για καινοτόμες ιδέες.

4. Αρτηριακή πίεση

Η ζωή του ανθρώπου εξαρτάται από την ικανότητα του οργανισμού να μεταφέρει στα διάφορα όργανα και ιστούς τις απαραίτητες θρεπτικές ουσίες που χρησιμοποιούν για τις λειτουργίες τους και να απομακρύνει τα άχρηστα προϊόντα του μεταβολισμού. Οι ορμόνες από την θέση παραγωγή τους πρέπει να μεταφερθούν στα όργανα στόχους, όπου θα δράσουν. Το κυκλοφορικό σύστημα με τη βοήθεια της καρδιάς, (διαστολή, συστολή) μεταφέρει το αίμα ακόμη και στα πιο απομακρυσμένα σημεία του σώματος και τα άχρηστα μεταβολικά προϊόντα σε συγκεκριμένα όργανα (πνεύμονες, νεφροί, ήπαρ) από όπου θα αποβληθούν ή θα αδρανολοποιηθούν. Αποτελείται από την μικρή ή πνευμονική κυκλοφορία και την μεγάλη ή συστηματική ή περιφερική κυκλοφορία. Η μικρή κυκλοφορία περιλαμβάνει τα αγγεία των πνευμόνων που τροφοδοτούνται με αίμα από την δεξιά κοιλία και η μεγάλη κυκλοφορία περιλαμβάνει όλα τα αγγεία του σώματος που τροφοδοτούνται με αίμα από την αριστερή κοιλία. Η καρδιά παίζει τον ρόλο της αντλίας που παρεμβάλλεται μεταξύ των δυο συστημάτων και προωθεί το αίμα. Η καρδιά πιέζει το αίμα που βρίσκεται στην αριστερή κοιλία και το εξωθεί προς την αορτή. Την στιγμή της συστολής της αριστερής κοιλίας η πίεση αυξάνει μέσα στην κοιλότητα της, πιέζει το αίμα που βρίσκεται μέσα σε αυτή και επειδή τα υγρά είναι ασυμπίεστα, μεταβιβάζεται αμείωτη προς την αορτή. Αυτή η πίεση ονομάζεται συστολική αρτηριακή πίεση. Τότε αρχίζει να χαλαρώνει η αριστερή κοιλία ώστε να δεχθεί νέα ποσότητα αίματος από τον αριστερό κόλπο και να συνεχίσει τον κύκλο που περιγράφει παραπάνω. Η πίεση μέσα στην κοιλότητα μειώνεται, οπότε το αίμα που βρίσκεται μέσα στην αορτή έχει υψηλότερη πίεση και τείνει να παλινδρομήσει, την αριστερή κοιλία. Φυσιολογικά αυτό όμως δεν συμβαίνει διότι η αορτική βαλβίδα της καρδιάς κλείνει στεγανά. Η πίεση του αίματος στην αορτή σε αυτή τη φάση, πέφτει σε μια ελάχιστη τιμή που ονομάζεται διαστολική πίεση. Το αίμα βγαίνει από την αριστερή κοιλία με πίεση που είναι περίπου 120 mm Hg και αντιστοιχεί στην

συστολική πίεση ενώ η διαστολική πίεση είναι περίπου 80 mm Hg. Καθώς το αίμα ρέει στα αγγεία της μεγάλης κυκλοφορίας προοδευτικά μειώνεται ώστε μόλις φτάσει στον δεξιό κόλπο η πίεση είναι περίπου 0 mm Hg. Για να ρέει το αίμα από το αρτηριακό άκρο των τριχοειδών προς το φλεβικό θα πρέπει να υπάρχει μια διαφορά πίεσης, περίπου 17 mm Hg και ονομάζεται μέση λειτουργική πίεση, η οποία αφενός επιτρέπει την ροή του αίματος μέσα από τα τριχοειδή αφετέρου όμως δεν είναι πολύ υψηλή ώστε να έχουμε διαφυγή πλάσματος προς τους διάμεσους ιστούς, παρά μόνο θρεπτικών ουσιών. Για την μικρή κυκλοφορία, ισχύουν τα ίδια όπως και για την μεγάλη κυκλοφορία όσον αφορά το λειτουργικό μέρος του φαινομένου της πίεσης. Υπάρχει δηλαδή διακύμανση της πίεσης μεταξύ ενός συστολικού και διαστολικού επιπέδου, υπάρχει μεγάλη διαφορά στο ποσοτικό μέρος του φαινομένου. Οι πιέσεις που αναπτύσσονται στην μικρή κυκλοφορία είναι κατά πολύ μικρότερες των αντίστοιχων τιμών της μεγάλης κυκλοφορίας. Η συστολική πίεση της πνευμονικής αρτηρίας είναι περίπου 25 mm Hg ενώ η διαστολική περίπου 8 mm Hg και η μέση πίεση των τριχοειδών της μικρής κυκλοφορίας είναι περίπου 7 mm Hg (Λυμπέρη & Συνεργάτες, 1993).

Η πίεση είναι δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας, και η τυπική μονάδα μέτρησης της πίεσης είναι το ένα Pascal, που ορίζεται ως Newton ανά τετραγωνικό μέτρο. Ωστόσο, οι αγγειακές πιέσεις μετρώνται συχνότερα σε μονάδες με βάση το μήκος χιλιοστών υδραργύρου. Η πίεση, είναι ανάλογη με το γινόμενο της πυκνότητας του υγρού και του ύψους του υγρού και δίνει ουσιαστικά τη δύναμη ανά εμβαδόν διατομής. Οι μονάδες χιλιοστών υδραργύρου (mmHg) μετατρέπονται σε kilopascals πολλαπλασιάζοντας επί 0,13. Η πίεση μετράται σε σχέση με μια τιμή αναφοράς που ορίζεται ως μηδέν. Τις περισσότερες φορές η αναφορά για μηδενική πίεση είναι η ατμοσφαιρική πίεση επειδή αυτή είναι η πίεση που περιβάλλει το σώμα. Η πίεση στο εσωτερικό μιας διεπιφάνειας σε σχέση με την πίεση έξω από τη διεπιφάνεια δίνει την πίεση που εκτείνεται στο τοίχωμα της διεπιφάνειας και ονομάζεται διαδερμική πίεση. Για παράδειγμα, εάν η εξωτερική ατμοσφαιρική πίεση ονομάζεται μηδέν και η πίεση εντός της αορτής είναι 120/80 mmHg, η μεταβατική πίεση είναι απλά 120/80 mmHg. Ωστόσο, εάν η ατμοσφαιρική πίεση είναι 760 mmHg, η πραγματική πίεση κατά μήκος του αρτηριακού τοιχώματος σε σχέση με την απόλυτη μηδενική πίεση είναι 880/840 mmHg, (Magder, 2018).

4.1. Σχέση πίεσης, ροής και αντίστασης

Καθώς το αίμα ρέει στο αγγείο δέχεται την αντίσταση του ελαστικού αγγειακού τοιχώματος. Για να συνεχίσει την ροή του θα πρέπει στα δύο άκρα του αγγείου να υπάρχει διαφορά πίεσης η οποία να υπερνικήσει την αντίσταση. Τα παραπάνω εκφράζονται με δύο βασικές ιδιότητες της υδροστατικής: i. Η δύναμη που κινεί το αίμα μέσα στα αγγεία είναι η διαφορά πίεσης που υπάρχει μεταξύ των δύο άκρων του αγγείου και ii. Η δύναμη που αντιστέκεται στην ροή του αίματος είναι η αντίσταση που προβάλλει το αγγειακό τοίχωμα. Οι δύο αυτές ιδιότητες συνδέονται μεταξύ τους με τον νόμο: $Q = \Delta P / R$, όπου Q η αντίσταση του αγγειακού τοιχώματος, ΔP η διαφορά πίεσης στα δύο άκρα του αγγείου και R η αντίσταση του αγγειακού τοιχώματος. Στον εικόνα 3, καταγράφονται οι φυσιολογικές τιμές τις αρτηριακής πίεσης (Λυμπέρη & Συνεργάτες, 1993).

Τιμές ΑΠ (mmHg)	Κατηγορία
Διαστολική	
<85	Φυσιολογική
85-89	Υψηλή φυσιολογική
90-104	Ήπια υπέρταση
105-114	Μέτρια υπέρταση
= ή > 115	Βαριά υπέρταση
Συστολική όταν η διαστολική <90	
<140	Φυσιολογική
140-159	Οριακή μεμονωμένη συστολική υπέρταση
= ή > 160	Μεμονωμένη συστολική υπέρταση

Εικόνα 3: Φ.Τ Αρτηριακής Πίεσης

Η BP είναι η πίεση που ασκεί το αίμα στο εσωτερικό των τοιχωμάτων των αιμοφόρων αγγείων. Η ροή του αίματος επηρεάζεται από την BP και την αντίσταση που αναπτύσσεται στα αγγεία ενώ η ταχύτητα ροής του αίματος σχετίζεται αντιστρόφως με τη διατομή των αιμοφόρων αγγείων. Όσο μεγαλύτερη είναι η συνολική επιφάνεια, τόσο πιο μικρή είναι η ταχύτητα. Ο έλεγχος της BP γίνεται από μηχανισμούς που ρυθμίζουν την καρδιακή ώθηση και την περιφερειακή αντίσταση. Όσο περισσότερο αίμα εισέρχεται στην καρδιά, τόσο ισχυρότερη είναι η κοιλιακή συστολή, (<http://www.lamission.edu/lifesciences/lecturenote/Alifhys1/Circulation.pdf>, Ali , 2006; Magder, 2018).

Η BP χαρακτηρίζεται από τη παλμική πίεση (PP), που αντιπροσωπεύει τη μεταβολή της αρτηριακής πίεσης και την ώθηση της αριστερής κοιλίας της καρδιάς (MAP), που αφορά στην συσταλτικότητα της αριστερής κοιλίας. Δεδομένα από το Framingham Heart Study και άλλες μελέτες υπέδειξαν ότι η SBP αυξάνεται συνεχώς σε όλες τις ηλικίες, ενώ η DBP αυξάνεται έως την ηλικία των 60 ετών ενώ μετά αρχίζει να μειώνεται σταθερά. Η PP είναι σημαντικό μέτρο αρτηριακής πίεσης που σχετίζεται με καρδιαγγειακά προβλήματα σε ηλικιωμένα άτομα. Τα SBP, DBP και MAP είναι αξιόπιστοι δείκτες επικινδυνότητας σε νεότερα άτομα, ενώ είτε η μέση SBP είτε η PP δείκτες για ηλικιωμένους. Θα πρέπει όμως να γίνουν περισσότερες μελέτες σχετικά με το εάν η MAP, που σχετίζεται άμεσα με την SBP και την DBP, προβλέπει καλύτερα και αξιόπιστα νόσους του καρδιαγγειακού συστήματος (Sesso H et al., 2000). Η κινητική ενέργεια συνεισφέρει μόνο περίπου το 3% της συνολικής δύναμης στην κορυφή της φυσιολογικής συστολικής πίεσης, αλλά η κινητική ενέργεια αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό της πίεσης σε μεγάλες φλέβες και τα πνευμονικά αγγεία επειδή η ταχύτητα του αίματος είναι παρόμοια με αυτή των μεγάλων αρτηριών, ενώ η ελαστική ενέργεια είναι πολύ μικρότερη (Magder, 2018).

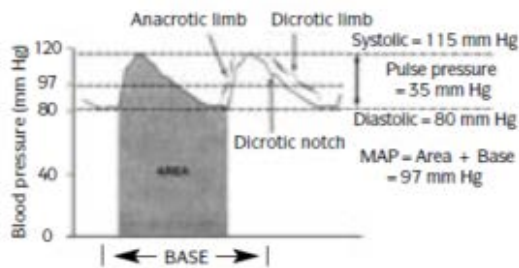
4.2. Μέτρηση – Ρύθμιση Αρτηριακής Πίεσης

Η μέτρηση της ABP αποτελεί βασικό αιμοδυναμικό δείκτη θεραπευτικής παρέμβασης σε ασθενείς με σοβαρές παθήσεις. Μια εσφαλμένη διάγνωση οδηγεί σε κακή διαχείριση και μη αποτελεσματικές στρατηγικές θεραπείας. Το καρδιαγγειακό σύστημα έχει 3 τύπους πιέσεων, την αιμοδυναμική, την κινητική ενέργεια και την υδροστατική πίεση. Η αιμοδυναμική πίεση εξωθεί το αίμα με την συστολή της αριστερής κοιλίας της καρδιάς, εξαιτίας των ελαστικών ιδιοτήτων του αρτηριακού συστήματος. Η κινητική ενέργεια, σχετίζεται με την κίνηση του αίματος και επηρεάζει την πίεση που μετράται κατά την άμεση παρακολούθηση της ABP. Ενώ η υδροστατική είναι η πίεση που ασκεί μια στήλη υγρού στο τοίχωμα του δοχείου και εξαρτάται από την πυκνότητα του υγρού/αίματος και την βαρύτητα. Η πίεση σε ένα δοχείο είναι ανάλογη με το ύψος της

στήλης υγρού πάνω από αυτό το επίπεδο. Η πίεση είναι υψηλότερη στο κάτω μέρος της στήλης. Στο αγγειακό σύστημα, η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη με το ύψος της στήλης του αίματος μεταξύ της καρδιάς και του περιφερειακού αγγειακού συστήματος. Σε όρθιο άτομο, η πίεση στο πόδι είναι υψηλότερη από την πίεση στον βραχίονα λόγω της διαφοράς στην υδροστατική πίεση. Συνοπτικά, η BP του αίματος αντιπροσωπεύει τη δύναμη που ασκείται από το αίμα ανά μονάδα επιφάνειας στο αρτηριακό τοίχωμα και είναι το άθροισμα της αιμοδυναμικής, κινητικής και υδροστατικής πίεσης (McGhee B. & Bridges E., 2002). Η μέτρηση της BP πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή. Πρόκειται για μία από τις πιο συνήθεις διαδικασίες στην κλινική ιατρική. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείτε ελαττωματικός ή ακατάλληλος εξοπλισμός. Οποιοσδήποτε πραγματοποιεί την μέτρηση θα πρέπει να είναι γνώστης της διαδικασίας και του πρωτόκολλου. Απαραίτητος είναι ο έλεγχος των συσκευών πριν από κάθε μέτρηση. Αν οποιοδήποτε μέρος της συσκευής είναι ελαττωματικό ή ακατάλληλο θα πρέπει να αντικατασταθεί (Petrie et al., 1986). Επιπλέον, σε οξείες και σοβαρές ασθένειες, τόσο η υπόταση όσο και η υπέρταση, μπορούν να επηρεάσουν την λειτουργία των ζωτικών οργάνων όπως για παράδειγμα η καρδιά ή ο εγκέφαλος. Ο τρόπος παρακολούθησης της BP είναι είτε επεμβατικός ή μη επεμβατικός. Επεμβατικά μετράται μέσω ενός αρτηριακού καθετήρα. Μη επεμβατικά οι μετρήσεις μπορεί να είναι είτε συνεχείς ή διαλείπουσες. Και οι δύο τεχνικές επιτρέπουν τη συνεχή λήψη τιμών της BP αλλά και καταγραφή της κυματομορφής της (Meidert & Saugel, 2018).

Η BP μετράται στο αποκορύφωμά της και αφορά την συστολική πίεση του αίματος (SBP), και στο χαμηλότερο σημείο της, η οποία είναι η διαστολική πίεση του αίματος (DBP). Η SBP αποτελεί έμμεσο δείκτη της συστολής της αριστερής κοιλίας της καρδιάς, εξαρτάται από τον όγκο του αίματος, την ταχύτητα της εξώθησης της αριστερής κοιλίας, τη συστηματική αρτηριακή αντίσταση, την απόσταση του αορτικού και αρτηριακού τοιχώματος, το ιξώδες του αίματος και τον τελικό διαστολικό όγκο της αριστερής κοιλίας. Η BP στην αορτή κατά τη διάρκεια της συστολής αποτελεί κλινικό δείκτη μεταφόρτωσης (άθροισμα δυνάμεων που πρέπει να ξεπεράσει η αριστερή κοιλία για να προωθησει το αίμα). Η DBP επηρεάζεται από το ιξώδες του αίματος και το μήκος του καρδιακού κύκλου. Η πίεση παλμού PP είναι η διαφορά μεταξύ συστολικής και διαστολικής πίεσης. Η τιμή της PP φυσιολογικά, στη βραχιόνια αρτηρία είναι περίπου 40 mmHg. Η αυξημένη PP μπορεί να είναι αποτέλεσμα αυξημένου όγκου αίματος ή της ταχύτητας εξώθησης του. Παρατηρείται συχνά κατά τη διάρκεια πυρετού, άσκησης, βραδυκαρδίας, αναιμίας, υπερθυρεοειδισμού αλλά και σε ασθενείς με αορτική παλινδρόμηση και αρτηριακή σκλήρυνση, ιδιαίτερα σε ηλικίες άνω των 50 έως 60 ετών. Μέση αρτηριακή πίεση (MAP) είναι η μέση πίεση διάχυσης σε όλη τη διάρκεια του καρδιακού κύκλου. Η φυσιολογική κυματογραφία της BP παρουσιάζεται στην εικόνα 4. Η αυτορρύθμιση είναι η αυτόματη προσαρμογή της διαμέτρου ενός αρτηριακού αγγείου ενός οργάνου, με σκοπό τη διατήρηση της σταθερής ροής του αίματος σε ένα ευρύ φάσμα μέσω πιέσεων (60-150 mmHg) για την προστασία της λειτουργίας του (McGhee B. & Bridges E., 2002). Η BP είναι μία από τις πιο δυναμικές φυσιολογικές μεταβλητές που μετριέται συνήθως στην κλινική πράξη και χαρακτηρίζεται από συνεχείς και σημαντικές αλλαγές, μέσα στο 24ωρο, καθημερινά. Υπό φυσιολογικές συνθήκες, αυτές οι μεταβολές της BP αντιπροσωπεύουν σε μεγάλο βαθμό την απάντηση στις περιβαλλοντικές διεγέρσεις και τις προκλήσεις της καθημερινής ζωής με στόχο τη διατήρηση της λεγόμενης καρδιαγγειακής ομοιόστασης. Οι παρατεταμένες αυξήσεις της BP μπορεί να είναι αποτέλεσμα υποκείμενων παθολογικών

καταστάσεων και μπορεί να αποτελεί πηγή βλάβης του καρδιαγγειακού συστήματος. Μια σειρά κλινικών και πληθυσμιακών μελετών που διεξήχθησαν τα τελευταία χρόνια, κατέδειξαν ότι η αύξηση της BP έχει συσχετιστεί με υψηλό κίνδυνο υποκλινικής βλάβης οργάνων, καρδιαγγειακών επεισοδίων (Parati et al., 2020).



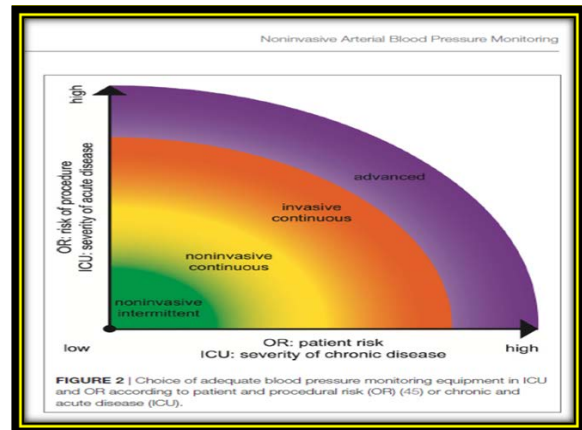
Εικόνα 4: Φυσιολογική κυματογραφία Αρτηριακής πίεσης.

Τις τελευταίες δεκαετίες, τα εργαλεία μέτρησης BP, βασίζονται σε παλμογράφο και είναι πιο εύχρηστα, ακόμη και από τους ίδιους τους ασθενείς στο σπίτι. Ωστόσο, μελέτες αναφέρουν ότι πάνω από τρεις στις δέκα συσκευές παρακολούθησης της BP με περιχειρίδα, ήταν ανακριβείς. Επιπλέον, οι συσκευές με μανσέτα είναι δυσκίνητες και δεν μπορούν να εκτελούν συνεχείς μετρήσεις. Επομένως, είναι δύσκολο να ενσωματωθεί σε φορητές τεχνολογίες, οι οποίες συνεχίζουν να κερδίζουν δημοτικότητα στο εμπόριο και στην κλινική πρακτική (Sharma M., et al., 2017).

Τα τελευταία 40 χρόνια τεχνικές παρακολούθησης της BP, συμπεριλαμβανομένων παρακολούθησης BP στο σπίτι και η 24ωρη περιπατητική παρακολούθηση της BP, οδήγησαν σε σημαντικά ευρήματα. Συγκεκριμένα, η μέση τιμή BP που μετράται στις συνθήκες καθημερινής ζωής μπορεί να είναι ακόμη δείκτης καλύτερης πρόβλεψης νόσων του κυκλοφορικού συστήματος σε σχέση με τις μεμονωμένες μετρήσεις της και επιπλέον η έκταση των διακυμάνσεων της BP της περιπατητικής παρακολούθησης, με την πάροδο του χρόνου μπορεί να παρέχει πρόσθετες, ανεξάρτητες προγνωστικές πληροφορίες. Στην περίπτωση διαβητικών ασθενών που χαρακτηρίζονται από σημαντικά υψηλότερο κίνδυνο εξαιτίας του ιστορικού τους, σε σύγκριση με τα μη διαβητικά άτομα, ο σακχαρώδης διαβήτης αποτελεί ισοδύναμο των παθήσεων του κυκλοφορικού συστήματος (Parati et al., 2013). Σε ασθενείς χαμηλού κινδύνου συνήθως οι διαλείπουσες μετρήσεις αρκούν ενώ ασθενείς ασταθείς αιμοδυναμικά παρακολουθούνται με συνεχή μέτρηση της BP. Όταν η κατάσταση του ασθενή είναι κρίσιμη προτείνεται η παρακολούθηση με επεμβατική τεχνική εφαρμογής του αρτηριακού καθετήρα. Στην εικόνα 5 φαίνεται η επιλογή τεχνικής προηγμένης αιμοδυναμικής παρακολούθησης της BP σε προεγχειρητικές ή ενδοεγχειρητικές καταστάσεις όπου κριθεί απαραίτητο λόγω επιπλοκών ή για ασθενείς που νοσηλεύονται στις μονάδες εντατικής θεραπείας, με σοβαρές χρόνιες ή οξείες παθήσεις ή σε όσους υποβάλλονται σε διαδικασίες υψηλού κινδύνου (Meidert & Saugel, 2018).

Η φαρμακευτική αντιμετώπιση και ρύθμιση της BP είναι απαραίτητη για την πρόληψη και τον έλεγχο της. Στις ΗΠΑ, βρέθηκε ότι η αύξηση της σε άτομα άνω των 35 σχετίζεται με τη στεφανιαία νόσο ενώ άτομα με μέση DBP > 90 mmHg χαρακτηρίζονται ως υπέρτασικοί και όταν η τιμή της DBP είναι 85-89 mmHg ορίζεται ως υψηλή-κανονική. Για ηλικίες 45-49 ετών και άνω, περισσότερο η SBP παρά η DBP, σχετίζεται με τον κίνδυνο καρδιαγγειακών προβλημάτων. Στους υπέρτασικούς (DBP > 90 mmHg), η SBP δίνει επιπλέον πληροφορίες σχετικά με τους κινδύνους που ενέχουν. Ενώ όταν DBP < 85 mmHg, (μεσήλικες, ηλικιωμένοι), ο

κίνδυνος είναι μια συνάρτηση της SBP. Όταν η BP είναι αυξημένη οι κίνδυνοι εξαρτώνται και από άλλους παράγοντες όπως τα επίπεδα της χοληστερόλης στον ορό του αίματος, το κάπνισμα, ο διαβήτης και η διατροφή.



Εικόνα 5: Επιλογή τεχνικών παρακολούθησης BP, αναλόγως την κρισιμότητα της κατάστασης του ασθενή.

Οι κίνδυνοι περιλαμβάνουν εκτός από τον θάνατο και άλλες νόσους με κλινικά ή υποκλινικά συμπτώματα, με άσχημη πρόγνωση ακόμη και αναπηρία (Stamler J. et al., 1989). Η άσκηση με αντιστάσεις, αποδείχθηκε μετά από ανασκόπηση πέντε ερευνών, ότι σχετίζεται με 11% αύξηση της αρτηριακής δυσκαμψίας κυρίως σε νεαρά άτομα. Συγκεκριμένα σε άτομα μέσης ηλικίας μετά από προπόνηση μέτριας αντίστασης δεν παρουσιάστηκε σημαντική αύξηση της αρτηριακής σκλήρυνσης ενώ αντίθετα σε νεότερα άτομα μετά από προπόνηση υψηλής αντίστασης σημειώθηκε σημαντική αύξηση. Οι επιστήμονες κατέληξαν ότι η συνταγογραφούμενη άσκηση αντοχής με αντιστάσεις θα πρέπει να προτείνεται και να ενθαρρύνεται σε άτομα μέσης ηλικίας και ηλικιωμένους (Miyachi M., 2013).

Οι καρδιαγγειακές παθήσεις που οφείλονται στην υψηλή BP ή υπέρταση (HTN), αποτελούν κύρια αίτια νοσηρότητας και θνησιμότητας στις ανεπτυγμένες χώρες. Η HTN είναι η αυξημένη πίεση στις αρτηρίες και οδηγεί σε υπέρτασική καρδιακή νόσο. Το 31% των ενήλικων Αμερικανών, επηρεάζονται από HTN, ενώ μόνο το 47% των ασθενών διατηρούν φυσιολογικό έλεγχο της BP. Επιπλέον, το HTN έχει επίσης βρεθεί ότι σχετίζεται με άλλα θέματα υγείας σε διάφορες ομάδες πληθυσμών, όπως οι ηλικιωμένοι και οι έγκυες γυναίκες (Sharma M., et al., 2017). Η BP εξαρτάται από τη καρδιακή παροχή και την αγγειακή αντίσταση. Η ροή καθορίζεται από τις μεταβολικές ανάγκες των ιστών σε κατανάλωση οξυγόνου. Η ρύθμιση της αγγειακής αντίστασης πραγματοποιείται, μέσω νευρικών μηχανισμών που παρέχουν προσαγωγική ανατροφοδότηση στις μυελικές καρδιοαασταλτικές και καρδιοδιεγερτικές περιοχές, που ρυθμίζουν τον αγγειακό τόνο στέλνοντας αποτελεσματικά σήματα μέσω παρασυμπαθητικών και συμπαθητικών οδών, μέσω χυμικών σημάτων, για τη διατήρηση της πίεσης. Ιστίοι, όπως οι σκελετικοί και καρδιακοί μύες, στους οποίους μπορεί να αυξηθεί σημαντικά η ανάγκη τους για οξυγόνο, επηρεάζονται από την αιματική ροή. Η σχέση μεταξύ αιματικής ροής και κατανάλωσης οξυγόνου είναι γραμμική και αποδεικνύει ότι ο πρωταρχικός ρυθμιστής της ροής του αίματος είναι η μεταβολική δραστηριότητα. Εάν η πτώση της BP συμβεί λόγω μειωμένης καρδιακής απόδοσης, η αύξηση της αρτηριακής αντίστασης στα αγγειακά στρώματα θα αποκαταστήσει την BP, αλλά όχι την αιματική ροή στα περιφερειακά όργανα. Κλινικά σημαντικό είναι ότι εάν η ροή στους ιστούς είναι

χαμηλή, η φαρμακευτική αγωγή θα πρέπει να αυξήσει την καρδιακή παροχή χωρίς μεταβολές της BP και να μην κατακλύζει τους περιφερειακούς μηχανισμούς κάλυψης αναγκών των ιστών (Magder, 2018).

Η BP είναι ένας ισχυρός, συνεπής και ανεξάρτητος δείκτης κινδύνου για καρδιαγγειακές παθήσεις και νεφρική νόσο. Σύμφωνα με την Έρευνα Εξετάσεων Εθνικής Υγείας και Διατροφής (NHANES), σχεδόν το 1/3 του ενήλικου πληθυσμού των ΗΠΑ, έχουν υπέρταση, που ορίζεται ως SBP ≥ 140 mmHg, DBP ≥ 90 mmHg και το 1/4 έχει BP στο στάδιο «προ-υπέρτασης», με συστολική αρτηριακή πίεση 120 έως 139 mmHg ή διαστολική αρτηριακή πίεση 80 έως 89 mmHg, δηλαδή ένα επίπεδο πάνω από το φυσιολογικό, αλλά κάτω από το υπερτασικό εύρος. Παρατηρείται ότι περισσότεροι από τους μισούς Αμερικανούς ηλικίας 65 ετών και άνω έχουν υπέρταση. Αρκετές μελέτες αποδεικνύουν την άμεση σχέση μεταξύ της BP και της καρδιαγγειακής νόσου. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η καρδιαγγειακή θνησιμότητα αυξανόταν προοδευτικά σε όλο το φάσμα της BP. Επιπλέον έχει εκτιμηθεί ότι $\approx 15\%$ των θανάτων που σχετίζονται με την BP από στεφανιαία νόσο εμφανίζονται σε άτομα με πίεση αίματος στην περιοχή των προυπερτασικών. Η αντιυπερτασική φαρμακευτική θεραπεία μειώνει τον κίνδυνο εμφάνισης καρδιαγγειακών επεισοδίων σε υπερτασικά άτομα. Βασική τεχνική της κλινικής μέτρησης της πίεσης του αίματος ήταν η μέθοδος της ακρόασης αλλά σταδιακά αντικαθίσταται από άλλες τεχνικές που είναι πιο κατάλληλες για αυτοματοποιημένες μετρήσεις. Οι θέσεις εφαρμογής των εργαλείων συνήθως, είναι ο βραχίονας, ο καρπός και το δάκτυλο. Χρησιμοποιούνται Σφυγμομανόμετρα υδραργύρου, Ανεροειδή (χωρίς υδράργυρο) σφυγμομανόμετρα, Υβριδικά σφυγμομανόμετρα, Ταλαντεύομενη τεχνική, Τονομετρία και τεχνικές υπερήχων (Pickering et al., 2005).

Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε το 2013 στη Βρετανία, σε 18 παιδιά ηλικίας 3 έως 13 ετών φάνηκε ότι η μέτρηση της αρτηριακής πίεσης από τα μεσαία δάκτυλα (FinAP), με καταγραφή κυματομορφής (reBAP), αποτελεί αξιόπιστο, καινοτόμο, εύχρηστο, εναλλακτικό μέσο μη επεμβατικής παρακολούθησης της αρτηριακής πίεσης στα παιδιά. Αποκλείστηκαν παιδιά με *Staphylococcus aureus*, εγκαύματα άνω άκρων και όσα έπασχαν από διαταραχές κυκλοφορικού, η οποία επηρεάζει την αιμάτωση των δακτύλων. Νοσηλεύτηκαν όλα στη ΜΕΘ και είχαν ήδη καθετήρα ενδοαρτηριακής καταγραφής της αρτηριακής πίεσης. Επιπλέον έγιναν μη επεμβατικές καταγραφές της αρτηριακής πίεσης των δακτύλων χρησιμοποιώντας το Finapres NOVA (Finapres Medical Systems, Άμστερνταμ, Ολλανδία) και δύο πρωτότυπα παιδιατρικές μανσέτες δακτύλων που σχεδιάστηκαν χρησιμοποιώντας την τεχνολογία Finapres, σχεδιασμένα κατάλληλα για να ταιριάζει σε δάκτυλα παιδικού μεγέθους. Η ηλικία, το ύψος και το βάρος των συμμετεχόντων εισήχθησαν στο Finapres NOVA προκειμένου να παρέχουν μια εξατομικευμένη βαθμονόμηση για κάθε συμμετέχοντα. Οι μετρήσεις των δακτυλικών μανικιών βαθμονομήθηκαν με τη χρήση σφυγμομετρίας με κατάλληλες παιδικού μεγέθους μανσέτες. Το χέρι του συμμετέχοντα διατηρήθηκε περίπου στο επίπεδο της καρδιάς κατά τη διάρκεια της δοκιμής και χρησιμοποιήθηκε μια μονάδα διόρθωσης ύψους για να ληφθούν υπόψη μικρές αλλαγές στο κατακόρυφο ύψος μεταξύ της μανσέτας και της καρδιάς. Η συνεχής εσωτερική βαθμονόμηση επιτεύχθηκε χρησιμοποιώντας την τεχνική Physiocal, περιοδικά καθ' όλη τη διάρκεια της δοκιμής, κάθε 10 παλμούς αρχικά και κάθε 70 μετά από λίγα λεπτά «προθέρμανσης». Η καταγραφή reBAP στο μεσαίο δάκτυλο ήταν $1,8 \pm 6,9$, $0,3 \pm 6,1$ και $0,4 \pm 5,3$ mmHg για τη συστολική, τη διαστολική και τη μέση αρτηριακή πίεση, με βελτιωμένη την αριθμητική ακρίβεια, αλλά μειωμένη την μορφολογική αναλογία της κυματομορφής. Η

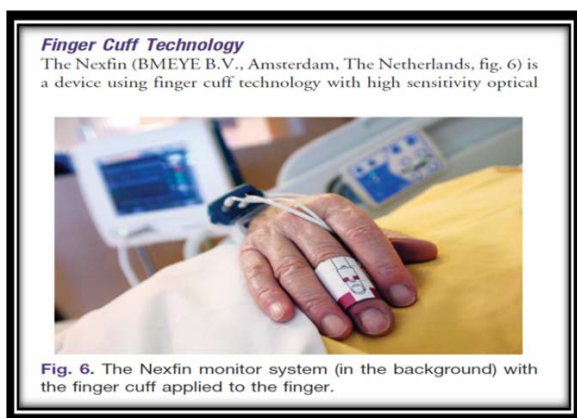
μελλοντική ανάπτυξη παιδιατρικών αλγόριθμων και η χρήση παιδικών περιχειρίδων δακτύλων μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της αναλογίας της κυματομορφής reBAP με την κυματομορφή ενδοαρτηριακής πίεσης. Το Fethysmography προσφέρει μια αξιόπιστη και πιο άνετη μη επεμβατική επιλογή για παιδιά που χρειάζονται παρακολούθηση της πίεσης του αίματος (Heene, et al., 2019).

Τα τελευταία χρόνια η ανάγκη για καινοτόμες τεχνικές παρακολούθησης της BP ολοένα και αυξάνεται. Ζωτικής σημασίας θα ήταν ένα οικιακό σύστημα με δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο και την άμεση ενημέρωση φροντιστών και ιατρών. Μέσω της νέας τεχνολογίας είναι δυνατό να προβλεφθεί η ακριβής διακύμανση της BP, μέσω ενός συστήματος που βασίζεται στον λόγο PTT/PAT. PTT είναι ο χρόνος που χρειάζεται ένα κύμα πίεσης για να ταξιδέψει μεταξύ δύο αρτηριακών θέσεων και αντιστρόφως σχετίζεται με την BP, ενώ PAT ο χρόνος άφιξης σφυγμού και ισχύει: $PAT = PTT + PEP$, όπου PEP ο χρόνος που απαιτείται για τη μετατροπή του ηλεκτρικού σήματος σε μηχανική δύναμη άντλησης και συστολής για το άνοιγμα των αορτικών βαλβίδων και εξαρτάται από την ηλικία, την σωματική δραστηριότητα και την ψυχολογία. Σημαντικές διακυμάνσεις του λόγου PTT/PAT αποτελούν προειδοποίηση εντατικής παρακολούθησης της BP. Η ανάπτυξη ενός συστήματος παρακολούθησης BP χωρίς περιχειρίδες θα προσφέρει νέες λύσεις ιδίως σε μη υγιείς πληθυσμούς και σε ασθενείς με CVD (Sharma M., et al., 2017). Στον πίνακα 1 φαίνονται τιμές της αρτηριακής πίεσης κατά τη διάρκεια της ημέρας, πρωινές αλλά και βραδινές ώρες (Pickering et al., 2005).

Πίνακας 1: Διακυμάνσεις BP κατά τη διάρκεια του 24ωρου.

	Αυξημένη	Φυσιολογική	Μη φυσιολογική
Ημέρα	<130/80mg Hg	<135/85mg Hg	>140/90
Βράδυ	<115/65mg Hg	<120/70mg Hg	>125/75
24ωρο	<125/75mg Hg	<130/80mg Hg	>135/85

Μια διαφορετική τεχνική μη επεμβατικής παρακολούθησης της BP είναι το εργαλείο Nexfin, (εικόνα 6) το οποίο μετρά την αρτηριακή πίεση στις φάλαγγες των δακτύλων. Πραγματοποιήθηκε μελέτη σε 50 ασθενείς που υποβλήθηκαν σε καρδιοθωρακικές επεμβάσεις, στους οποίους χρησιμοποιήθηκε το Nexfin αλλά και ο αρτηριακός καθετήρας (επεμβατική μέθοδος) για την καταγραφή της αρτηριακής πίεσης κατά τη διάρκεια της επέμβασης και βρέθηκε μετά από παρακολούθηση των μετρήσεων, 30 λεπτών και των δύο τεχνικών, ότι τα αποτελέσματα των μετρήσεων σχετίζονται και δεν διαφέρουν σημαντικά. Συγκεκριμένα μετρήθηκε με τεχνικές FAP(μη επεμβατική δακτύλων) – IAP(επεμβατική ενδοαρτηριακή), η συστολική, η μέση BP και οι παλμοί και οι τιμές παρουσίασαν μικρές αποκλίσεις, -9.5 ± 7.4 mmHg, -5 ± 6.5 mmHg, -7.6 ± 6.4 mmHg και -4.3 ± 5.4 αντίστοιχα. Οπότε οι ερευνητές κατέληξαν ότι η BP μπορεί με ασφάλεια και αξιοπιστία να παρακολουθείται μη επεμβατικά με τη χρήση του εργαλείου Nexfin (Martina J. et. al, 2012).



Εικόνα 6: Χρήση Nexfin monitor – μέτρηση αρτηριακής πίεσης στις φάλαγγες των δακτύλων.

5. Νόμος υδροστατικής πίεσης

Όταν μια δύναμη F δρα σε μια επιφάνεια A τότε ο λόγος $P = F/A$, ονομάζεται πίεση επί την επιφάνεια A . Μονάδες πίεσης στο SI είναι 1 N/m^2 και ονομάζεται Pascal ($1 \text{ pascal} = 1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$). Άλλες μονάδες μέτρησης της πίεσης είναι $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ at}$. Για τη μέτρηση μικρών πιέσεων χρησιμοποιείται η μονάδα εκατοστόμετρο στήλης νερού ($1 \text{ cm H}_2\text{O}$), για την οποία ισχύει: $1 \text{ cm H}_2\text{O} = 98,06 \text{ Pa}$. Η πίεση που οφείλεται στο βάρος ενός υγρού ονομάζεται υδροστατική. Η υδροστατική πίεση P σε ένα σημείο ενός υγρού (αν αγνοήσουμε την ατμοσφαιρική) είναι ανάλογη: 1. του βάθους από την επιφάνεια του υγρού, 2. της πυκνότητας του υγρού και 3. της επιτάχυνσης της βαρύτητας.

Συμπερασματικά: $p = \rho \cdot g \cdot h$ (Νόμος της Υδροστατικής Πίεσης)

όπου: p η υδροστατική πίεση σε N/m^2 , ρ η πυκνότητα του υγρού σε kg/m^3 , g η επιτάχυνση της βαρύτητας σε m/s^2 και h το βάθος από την επιφάνεια του υγρού σε m (Young, H. D et. al.1996).

Η υδροστατική πίεση δεν εξαρτάται από το σχήμα του δοχείου ή τον όγκο του υγρού. Αισθανόμαστε την ίδια πίεση όταν κάνουμε μια βουτιά και το κεφάλι μας βυθιστεί κατά ένα μέτρο είτε σε μια μικρή πισίνα με θαλασσινό νερό, είτε στη μέση του πελάγους. Τα όργανα με τα οποία μετράμε την υδροστατική πίεση ονομάζονται μανόμετρα. Με το μανόμετρο μετράμε την πίεση που ασκείται στην επιφάνεια μιας ελαστικής μεμβράνης, την οποία βυθίζουμε μέσα στο υγρό. Η διαφορά ύψους του υγρού στα δύο σκέλη του σωλήνα είναι ανάλογη της υδροστατικής πίεσης. Οπότε, εάν η διαφορά ύψους στα δύο σκέλη του σωλήνα είναι 10 cm , (εικ.7 α&β) η πίεση που ασκείται είναι $10 \text{ cmH}_2\text{O}$ (Θεοδωροπούλου & Χιωτέλης, 2018).

Στο αίμα δημιουργείται υδροστατική πίεση, η οποία οφείλεται στην συστολή του καρδιακού μυός και στις μηχανικές τάσεις που ασκούν τα τοιχώματα των αιμοφόρων αγγείων. Η πίεση αυτή μεταβάλλεται από σημείο σε σημείο, στους διάφορους κλάδους του καρδιαγγειακού δικτύου (εικ. 8). Πιο συγκεκριμένα στο επίπεδο των αρτηριακών τριχοειδών αγγείων η υδροστατική πίεση του αίματος είναι 34 mmHg ενώ στα φλεβικά τριχοειδή αγγεία 12 mmHg . Η υδροστατική πίεση του αίματος προσδιορίζει μια διαδικασία υπερδιήθησης, μια διαδικασία μεταφοράς ιόντων και μικρομορίων, συμπεριλαμβανομένων και ιόντων νερού, από τον αυλό των τριχοειδών προς τον διάμεσο χώρο, δηλαδή σε αντίθετη κατεύθυνση από αυτή που οφείλεται στην ωσμωτική πίεση. Η ωσμωτική πίεση ακολουθεί τον νόμο του Van't Hoff, (Gilman, 1937). Η ωσμωτική πίεση που ασκεί αραιό διάλυμα μη ηλεκτρολυτών

ισούται αριθμητικά με την πίεση που θα ασκούσε η διαλυμένη ουσία αν ήταν σε αέρια φάση και καταλάμβανε ίδιο όγκο με αυτό του διαλύματος. Ο ρόλος της ώσμωσης στην κυκλοφορία του αίματος είναι ιδιαίτερα σημαντικός. Η ώσμωση είναι υπεύθυνη για την διατήρηση του όγκου και της δομής των κυττάρων σε ισοτονικά διαλύματα, για την ρύθμιση της κυκλοφορίας του αίματος σε συνδυασμό με την ενδοτριχοειδική υδροστατική πίεση και τέλος για όλα τα στάδια της νεφρικής λειτουργίας (Prather, et. al., 1968).



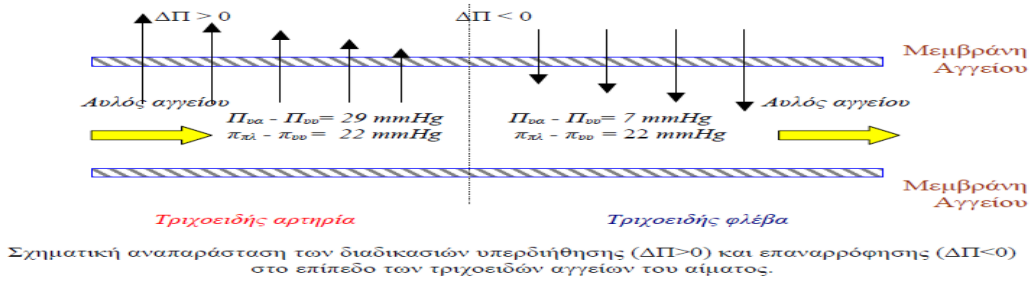
Εικόνα 7: Μέτρηση υδροστατικής πίεσης (α) η μεμβράνη βρίσκεται έξω από το υγρό (β) η μεμβράνη βρίσκεται μέσα στο υγρό

Η υδροστατική πίεση του διάμεσου υγρού ορίζει μεταφορά ουσιών αντίθετης φοράς και η τιμή της είναι μικρότερη από την αγγειακή, περίπου 5 mmHg . Οπότε με βάση τα παραπάνω μπορούμε να πούμε ότι η συνολική ενεργή πίεση του αίματος είναι:

$$\Delta P = P_{a,t} - P_{u,u}$$

όπου $a.t$ η υδροστατική πίεση αρτηριακών τριχοειδών και $u.u$ η υδροστατική πίεση διάμεσου υγρού. Η ολική ενεργή πίεση του αίματος μπορεί να πάρει τιμές θετικές ή αρνητικές, δημιουργώντας έτσι αντίστοιχα συνθήκες υπερδιήθησης ή επαναρρόφισης δηλαδή εισροή υγρού

από τον διάμεσο χώρο προς τα αγγεία
(https://www.aua.gr/~bethanis/fluid_dynamics.pdf).



Εικόνα 8: Σχηματική αναπαράσταση στο επίπεδο τριχοειδών αγγείων

6. Προσομοίωση – Πειραματική διάταξη

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Φυσικής του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, του Πανεπιστημίου Πατρών, τον Φεβρουάριο του 2020 σε συνέχεια της εργασίας: «Καταγραφή συμπεριφοράς των ερυθρών αιμοσφαιρίων, σε μη παθολογικές συνθήκες για τον ανθρώπινο οργανισμό. Μία εκπαιδευτική προσομοίωση», Λαχανά, Αρμακόλας, Χιωτέλης, (2020). Για να μπορέσουμε να καταγράψουμε την επίδραση των νόμων της Φυσικής στην μέτρηση της αρτηριακής πίεσης, χρειαστήκαμε μια συσκευή υδροστατικής πίεσης. Η συσκευή απαρτίζεται από μια μανομετρική κάψα με μανόμετρο, έναν ογκομετρικό κύλινδρο με κλίμακα. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 9 (εικόνα από την εφαρμογή της προσομοίωσης), χρειάστηκε ικανοποιητική ποσότητα νερού (3/4 γυάλινου σκεύους) και ελάχιστο νερό με μια κόκκινη χρώση στο μανόμετρο (Θεοδωροπούλου & Χιωτέλης, 2018).



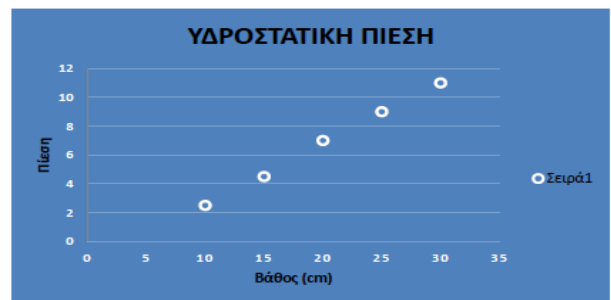
Εικόνα 9: Πειραματική διάταξη Υδροστατικής πίεσης

Η μανομετρική κάψα είναι τεντωμένη και το νερό στα δύο σκέλη του υοειδούς σωλήνα βρίσκεται στην ίδια ένδειξη της κλίμακας, στο μηδέν. Για την εκτέλεση της πειραματικής διαδικασίας αρχικά γεμίζουμε τη γυάλινη λεκάνη με νερό. Στη συνέχεια βυθίζουμε τη μανομετρική κάψα στο νερό και με τη βοήθεια του χάρακα ρυθμίζουμε το ύψος της συσκευής, ώστε το κέντρο της μεμβράνης της μανομετρικής κάψας να είναι οριακά κάτω από την επιφάνεια του νερού. Σταδιακά βυθίζουμε την μανομετρική κάψα και καταγράφουμε τη διαφορά πίεσης που προκύπτει, από τις τιμές στο μανόμετρο. Οι τιμές της υδροστατικής πίεσης που καταγράψαμε (πίνακας 2) σε συγκεκριμένα cm βάθους της κάψας είναι οι εξής:

Πίνακας 2: Καταγραφή μετρήσεων

β h(cm)	10	20	30	40	50
Πίεση p (cmH ₂ O)	2,5	4,5	7	9	11

Πιο συγκεκριμένα σε βάθος 10cm η πίεση βρέθηκε 2.5 cmH₂O, στα 20 cm η πίεση ήταν 4.5 cmH₂O, στα 30cm σημειώσαμε 7 cmH₂O πίεσης, στα 40cm αντίστοιχα 9 cmH₂O και σε βάθος 50cm η πίεση βρέθηκε 11 cmH₂O. Φαίνεται να σημειώθηκε σταδιακά αύξηση της υδροστατικής πίεσης αναλογικά με την αύξηση της βύθισης της μανομετρικής κάψας στο νερό. Στο διάγραμμα 1 απεικονίζονται σχηματικά οι μετρήσεις του προηγούμενου πίνακα.



Διάγραμμα 1: Σχηματική αναπαράσταση μετρήσεων.

Συγκεκριμένα στο διάγραμμα φαίνεται η γραμμική σχέση και αύξηση της υδροστατικής πίεσης όσο αυξάνουν τα cm βύθισης της μανομετρικής κάψας στο νερό.

7. Αποτελέσματα

Πιο αναλυτικά παρατηρήσαμε ότι η υδροστατική πίεση αυξάνεται όσο περισσότερο βυθίζουμε την μανομετρική κάψα. Βλέπουμε ότι ενώ στα 10cm βάθους η υδροστατική πίεση είναι 2,5 cmH₂O σταδιακά όσο αυξάνονται τα cm βάθους αυξάνεται και η διαφορά πίεσης και τελικά στα 30cm βάθους σημειώθηκε αύξηση στα 11 cmH₂O. Οπότε καταγράψαμε στα συγκεκριμένα εκατοστά βάθους 10,15,20,25 και 30cm τις πιέσεις 2.5, 4.5, 7, 9, 11 cmH₂O.

Ενδεικτικά στις φωτογραφίες (εικ. 10,11,12,13) παρακάτω παρουσιάζονται μερικές από τις μετρήσεις που έγιναν στο εργαστήριο κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Η εικόνα 13 δείχνει την διαφορά πίεσης σε βάθος 10cm, η εικόνα 14 την πίεση σε βάθος 15cm, η εικόνα 15 σε βάθος 25cm και η εικόνα 16 σε βάθος

30cm. Για την καταγραφή της τιμής της υδροστατικής πίεσης κάθε φορά, χρειάστηκε να προσθέσουμε τις τιμές και από τις δύο στήλες του χάρακα. Για παράδειγμα όταν το βάθος ήταν 30 cm, η δεξιά στήλη του χάρακα έδειξε 6 cm H₂O και η αριστερή 5 cm H₂O, η τιμή που καταγράφουμε είναι 11 cm H₂O. Αξίζει να αναφέρουμε ότι η κατεύθυνση της κάψας δεν επηρεάζει τις τιμές της υδροστατικής πίεσης, αλλά μόνο τα εκατοστά βύθισης της.

Εικόνα 10 & 11: Πειραματική διάταξη



Εικόνα 12 & 13: Πειραματική διάταξη.



Με σκοπό την επαλήθευση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήσαμε και επιπλέον μετρήσεις, (πίνακας 3) σε περισσότερες τιμές βάθους και καταγράψαμε με τον ίδιο τρόπο την προοδευτική αύξηση της τιμής της υδροστατικής πίεσης. Όσο περισσότερο και προοδευτικά αυξήσαμε τα εκατοστά βύθισης της μανομετρικής κάψας, τόσο περισσότερο και με τον ίδιο ρυθμό αυξάνονταν και η υδροστατική πίεση.

Πίνακας 3: Καταγραφή μετρήσεων.

β h (cm)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Πίεση p (cmH ₂ O)	1.5	2.5	3	4	5	5.5	6.5	7.5	8	8.5	9.5	10

Συγκεκριμένα μετρήσαμε την υδροστατική πίεση σε περισσότερα σημεία βύθισης της μανομετρικής κάψας. Συγκεκριμένα φαίνεται ότι στα 2cm η πίεση είναι 1.5 cmH₂O, στα 4cm είναι 2.5 cmH₂O, στα 6 cm σημειώθηκε 3 cmH₂O, σε βάθος 8 cm η πίεση είναι 4 cm H₂O, στα 10 cm είναι 5 cmH₂O, σε βάθος 12 cm η διαφορά πιέσεως που σημειώθηκε 5.5 cmH₂O, όταν μετρήσαμε στα 14cm βρέθηκε 6.5 cmH₂O, στα 16cm είναι 7.5 cmH₂O, σε βάθος 18 cm είναι 8 cm H₂O, σε 20 cm η πίεση είναι 8.5 cmH₂O, στα 22cm βρέθηκε 9.5 cmH₂O και τέλος σε βάθος 24cm η πίεση είναι 10 cmH₂O. Είναι προφανής η αύξηση της τιμής της

υδροστατικής πίεσης καθώς αυξάνουν τα cm βύθισης της κάψας.



Διάγραμμα 2: Σχηματική αναπαράσταση επιπλέον μετρήσεων.

Είναι φανερό η συνεχής και σταδιακή αύξηση της υδροστατικής πίεσης καθώς αυξάνει η απόσταση βύθισης της μανομετρικής κάψας. Η αύξηση γίνεται σταθερά και γραμμικά οπότε συμπαράγει κανείς ότι όσο απομακρύνεται η μανομετρική κάψα από την επιφάνεια του νερού τόσο περισσότερο αυξάνει η διαφορά της υδροστατικής πίεσης στον σωλήνα.

8. Συμπεράσματα

Με την βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή καταγράψαμε τις μετρήσεις τις οποίες πραγματοποιήσαμε, σε ένα διάγραμμα με σκοπό να κατανοήσουμε την σχέση βάθους της μανομετρικής κάψας και διαφοράς υδροστατικής πίεσης. Είναι φανερό ότι όσο αυξάνουν τα cm βύθισης της κάψας από την επιφάνεια του νερού, τόσο σταθερά αυξάνει και η διαφορά της υδροστατικής πίεσης. Βλέπουμε ότι όσο πιο πολύ πλησιάζουμε στο 0, στην επιφάνεια δηλαδή του νερού τόσο μικρότερη είναι και η πίεση ενώ όσο περισσότερο απομακρύνεται η κάψα από το σημείο 0 τόσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά της πίεσης που καταγράψαμε. Και τις δύο φορές που πραγματοποιήσαμε τις μετρήσεις σημειώθηκε και επαληθεύτηκε ακριβώς το ίδιο αποτέλεσμα που δεν είναι άλλο από την σταδιακή αύξηση της υδροστατικής πίεσης υπό σταθερή αύξηση των cm βύθισης της μανομετρικής κάψας στο νερό (Saehana, & Supriyatman, 2019).

Η υδροστατική πίεση αναφέρεται στην πίεση που ασκεί κάθε υγρό όταν βρίσκεται σε περιορισμένο χώρο. Εάν το ρευστό βρίσκεται σε δοχείο, θα υπάρχει κάποια πίεση στα τοιχώματα του δοχείου. Μπορούμε να δούμε ότι η πίεση που στα τοιχώματά του είναι μεγαλύτερη στο κάτω μέρος, από ότι θα είναι στην κορυφή. Αυτό σχετίζεται και με το βάρος του υπερκείμενου ρευστού. Η πίεση που ασκεί το αίμα στα τριχοειδή αγγεία είναι γνωστή ως πίεση του αίματος. Η δύναμη της υδροστατικής πίεσης σημαίνει ότι καθώς το αίμα κινείται κατά μήκος του τριχοειδούς, το υγρό μετακινείται έξω από τους πόρους του και μέσα στον διάμεσο χώρο. Αυτό σημαίνει ότι η πίεση που ασκείται από το αίμα θα μειωθεί, καθώς το αίμα κινείται κατά μήκος του τριχοειδούς, από το αρτηριακό έως το φλεβικό άκρο. Αξίζει να σημειωθεί ότι η αρτηριακή πίεση του ανθρώπου επηρεάζεται σαφώς και από άλλες συνθήκες, όπως για παράδειγμα την ατμοσφαιρική πίεση όταν μιλάμε για έναν ορειβάτη στην κορυφή ενός βουνού και γενικά από τις δυνάμεις που δέχεται το σώμα στο χώρο, από την αυτορρύθμιση και την ομοιοστάση κάθε ανθρώπινου οργανισμού και από τυχόν παθολογικά αίτια κυρίως καρδιαγγειακής φύσεως ή ορμονολογικές επιπλοκές (Shaltis, et. al. 2008). Όπως προαναφέρθηκε η αρτηριακή πίεση του αίματος αντιπροσωπεύει τη δύναμη που ασκείται από το αίμα ανά μονάδα επιφάνειας στο αρτηριακό τοίχωμα και είναι

το άθροισμα της αιμοδυναμικής, κινητικής και υδροστατικής πίεσης, και εξαρτάται από τον όγκο του αίματος, την ταχύτητα της εξώθησης της αριστερής κοιλίας, τη συστηματική αρτηριακή αντίσταση, την απόσταση του αορτικού και αρτηριακού τοιχώματος, το ιξώδες του αίματος και τον τελικό διαστολικό όγκο της αριστερής κοιλίας. Στην παρούσα εργασία μέσω της προσομοίωσης που χρησιμοποιήσαμε απομονώσαμε και καταγράψαμε την συμπεριφορά της διαφοράς της υδροστατικής πίεσης σε συγκεκριμένες αποστάσεις.

Η πίεση της ροής αίματος στο σώμα αναλύεται μέσω του νόμου της υδροστατικής πίεσης των ρευστών, στη προκειμένη περίπτωση του αίματος, στα τοιχώματα των αιμοφόρων αγγείων. Το αίμα ρέει από περιοχές υψηλών έως χαμηλών υδροστατικών πιέσεων. Κοντά στην καρδιά, η υδροστατική πίεση στις αρτηρίες είναι πολύ υψηλή και το αίμα ρέει στα αρτηρίδια, ενώ ο ρυθμός ροής επιβραδύνεται εξαιτίας της στενής διαπερατότητας τους. Κατά τη διάρκεια της συστολής, όταν εισέρχεται νέο αίμα στις αρτηρίες, τα τοιχώματα των αρτηριών τείνουν να προσαρμόζονται στην αύξηση της πίεσης του επιπλέον αίματος, κατά τη διάρκεια της διαστολής, τα τοιχώματα των αγγείων επιστρέφουν στη φυσιολογική τους κατάσταση εξαιτίας της ελαστικότητας τους (Shaltis, et al., 2004). Για παράδειγμα, το 120/80 δείχνει μια ένδειξη 120 mm Hg κατά τη διάρκεια της συστολής και 80 mm Hg κατά τη διάρκεια της διαστολής. Σε όλο τον καρδιακό κύκλο, το αίμα συνεχίζει να εκκενώνεται στα αρτηρίδια με σχετικά ομαλό ρυθμό. Αυτή η αντίσταση στη ροή του αίματος ονομάζεται περιφερική αντίσταση. Κατά τη διάρκεια της έντονης άσκησης, τα αιμοφόρα αγγεία χαλαρώνουν και αυξάνουν τη διάμετρο, αντισταθμίζοντας τον αυξημένο καρδιακό ρυθμό και διασφαλίζοντας ότι το κατάλληλο οξυγονωμένο αίμα φτάνει στους μύες. Το άγχος προκαλεί μείωση της διαμέτρου των αιμοφόρων αγγείων, αυξάνοντας έτσι την αρτηριακή πίεση. Αυτές οι αλλαγές μπορούν επίσης να προκληθούν από τα νευρικά σήματα ή τις ορμόνες και ακόμη και να στέκεται ή να ξαπλώνει μπορεί να έχει μεγάλη επίδραση στην αρτηριακή πίεση (Λυμπέρη & Συνεργάτες, 1993). Στο αγγειακό σύστημα, η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη με το ύψος της στήλης του αίματος μεταξύ της καρδιάς και του περιφερειακού αγγειακού συστήματος. Σε όρθιο άτομο, η πίεση στο πόδι είναι υψηλότερη από την πίεση στον βραχίονα λόγω της διαφοράς στην υδροστατική πίεση (Poou, et al. 2006). Συνοπτικά, η αρτηριακή πίεση του αίματος αντιπροσωπεύει τη δύναμη που ασκείται από το αίμα ανά μονάδα επιφάνειας στο αρτηριακό τοίχωμα και είναι το άθροισμα της αιμοδυναμικής, κινητικής και υδροστατικής πίεσης. Η αρτηριακή πίεση μετράται στο αποκορύφωμά της και αφορά την συστολική πίεση του αίματος, και στο χαμηλότερο σημείο της, η οποία είναι η διαστολική πίεση του αίματος (McGhee, & Bridges, 2002).

Παρατηρήσαμε μέσω του πειράματος ότι όσο περισσότερο βυθίζεται η κάψα και απομακρύνεται από την επιφάνεια και σημείο 0, τόσο αυξάνει η διαφορά της υδροστατικής πίεσης στον σωλήνα. Βάση του νόμου της υδροστατικής πίεσης, αυτό σχετίζεται με την αρτηριακή πίεση του ανθρώπου. Όσο περισσότερο απομακρύνεται το αίμα από τη καρδιά τόσο αυξάνει και η αρτηριακή πίεση. Αυτό συμβαίνει διότι η αρτηριακή πίεση είναι η ροή του αίματος στα τοιχώματα των αγγείων. Το αίμα, μέσω του κυκλοφορικού συστήματος και των δύο συστημάτων κυκλοφορίας, συστηματική και πνευμονική (μικρή και μεγάλη κυκλοφορία), ρέει από την καρδιά προς την περιφέρεια και το αντίθετο. Όσο πιο πολύ απομακρύνεται το αίμα από την καρδιά, τόσο περισσότερο αυξάνεται η αρτηριακή πίεση. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι στην συστηματική κυκλοφορία του αίματος η αρτηριακή πίεση είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την πνευμονική. Συγκεκριμένα, για να φτάσει το αίμα στα κάτω άκρα η αρτηριακή πίεση

παρουσιάζει αύξηση ενώ για την αιμάτωση των άνω άκρων δεν αυξάνεται το ίδιο (Barnes et al. 1985). Συγκεκριμένα, για να φτάσει το αίμα στα κάτω άκρα η αρτηριακή πίεση παρουσιάζει αύξηση ενώ για την αιμάτωση των άνω άκρων δεν αυξάνεται το ίδιο. Με βάση τον νόμο της Υδροστατικής Πίεσης επιπλέον, εξηγείται και το γεγονός ότι όσο περισσότερο βυθίζουμε την κάψα τόσο περισσότερο αυξάνεται η διαφορά πίεσης που καταγράφουμε. Αντίστοιχα κατά την αιματική ροή στις κυκλοφορίες της καρδιάς, το ίδιο μπορούμε να συμπεράνουμε και για άλλα όργανα του ανθρώπινου οργανισμού. Σε όργανα κεντρικότερα και κοντινά στην καρδιά η πίεση υπό φυσιολογικές συνθήκες θα είναι σχετικά χαμηλότερη σε σχέση με πιο απομακρυσμένα όργανα. Το ίδιο ακριβώς συμβαίνει όταν για παράδειγμα ένας δύτης αυξάνει ολόένα και περισσότερο το βάθος στο οποίο πραγματοποιεί την κατάδυση ή ένας αλεξιπτωτιστής το ύψος από το οποίο επιλέγει να πραγματοποιήσει την πτώση, σε συνδυασμό και με την ατμοσφαιρική πίεση (Petersen et al. 2014). Δεν επηρεάζεται η πίεση από το σχήμα ή την κατεύθυνση του αντικειμένου που βυθίζεται, παρά μόνο από την απόσταση στην οποία βυθίζεται.

Φαίνεται λοιπόν σύμφωνα και με τη βιβλιογραφία αλλά και από το πείραμα, ότι και η αρτηριακή πίεση του ανθρώπου υπακούει στις αρχές και στους νόμους της Φυσικής, που αναλύσαμε παραπάνω στο θεωρητικό μέρος της εργασίας. Ο όρος "εκπαίδευση STEM" όπως αναφέρθηκε προηγουμένως σχετίζεται με την καινοτομία στη διδασκαλία και τη μάθηση στους τομείς της επιστήμης, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών. συμπεριλαμβανομένων των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων σε όλα τα επίπεδα εκπαίδευσης, από το προσχολικό έως το μεταδιδακτορικό, επίσημα και άτυπα (Gonzalez & Kuenzi, 2012). Η συγκεκριμένη προσομοίωση χρησιμοποιείται από τους φοιτητές του τμήματος ΕΕπιστημών Εκπαίδευσης και Κοινωνικής Εργασίας του Πανεπιστημίου Πατρών, προωθώντας την ενεργή συμμετοχή τους και την εξέλιξη των ικανοτήτων τους, μέσω της τεχνολογίας και των κλάδων του STEM. Η επιστημονική σκέψη μέσω του παραπάνω πειράματος και της προσομοίωσης αναπτύσσεται μέσω της μεθοδολογίας STEM και βοηθά τους μαθητές να χρησιμοποιούν αιτιολογημένες συλλογιστικές για τη λήψη αποφάσεων, τους εξασφαλίζει την εμπιστοσύνη, τις γνώσεις και τις δεξιότητες ώστε να συμμετέχουν ενεργά στον επιστημονικό και τεχνολογικό κόσμο. Επιπλέον, αναπτύσσονται ικανότητες επίλυσης προβλημάτων, η καινοτομία, η αναλυτική σκέψη και εμπνέει παιδιά και σπουδαστές να επιδιώξουν τη σταδιοδρομία στην επιστήμη. Ακόμη δίνεται η δυνατότητα σε δημόσιους, ιδιωτικούς και τρίτους οργανισμούς, στην Ευρώπη, να βρουν κατάλληλα ειδικευμένους ανθρώπους, που μπορούν να καλλιεργήσουν ένα καινοτόμο ευρωπαϊκό περιβάλλον στο οποίο οι εταιρείες και ενδιαφερόμενοι από όλο τον κόσμο θέλουν να επενδύσουν, να εργαστούν και να ζήσουν. Ενισχύει, το STEM, την υπεύθυνη συμμετοχή στις δημόσιες επιστημονικές συζητήσεις και τη λήψη αποφάσεων ως ενεργό συμμετοχή των ευρωπαϊών πολιτών στις μεγάλες προκλήσεις που αντιμετωπίζει σήμερα η ανθρωπότητα (Krzysztof et al., 2016/ European Commission). Τέλος, η φιλοσοφία STEM σχετίζεται απόλυτα με την ερευνητική διαδικασία όπως ορίστηκε ήδη από το Γαλιλαίο και φτάνει μέχρι της σύγχρονες ερευνητικές – πειραματικές διαδικασίες. Αρχικά θέτουμε ένα ερώτημα που προκαλεί την περιέργειά μας. Διατυπώνουμε μια αρχική θεωρία ή θεώρηση εξήγησης του προς μελέτη επιστημονικού μας ερωτήματος και αμέσως μετά καταστρώνουμε ένα πείραμα επαλήθευσής ή αναδιτύπωσης της θεωρίας μας. Αυτή είναι η πεμπουσία της διερευνητικής μάθησης και ο νοητικός πυρήνας της επιστημονικής

ερευνητικής διεργασίας (Capraro et al. 2013). Αυτό ακριβώς επιχειρείται να αποκρυσταλλωθεί στην εκπαιδευτική διαδικασία STEM. Συνειδητά ή ασυνειδητά οι μαθητές παροτρύνονται να ενοστεριστούν τις διαδικασίες και τα στάδια μιας ερευνητικής – επιστημονικής διαδικασίας. Στην παρούσα εργασία θέσαμε τα ερωτήματα των διακυμάνσεων της αρτηριακής πίεσης, προτείναμε μια θεωρία και υλοποιήσαμε ένα πείραμα που επιβεβαίωσε ή πιστοποίησε κάποιες από τις αρχικές μας υποθέσεις και θεωρήσεις (Sahin, 2013). Η θεωρία που προτάθηκε και αφορούσε στην επεξήγηση της λειτουργίας του κυκλοφορικού συστήματος του ανθρώπου και συγκεκριμένα στον τρόπο ρύθμισης της αρτηριακής πίεσης βάση του νόμου της υδροστατικής πίεσης, προσεγγίστηκε με διεπιστημονικό και διαθεματικό παρονομαστή ως μία σύγχρονη πρόταση STEM διδασκαλίας.

Βιβλιογραφία

- Barnes, G. E., Laine, G. A., Giam, P. Y., Smith, E. E., & Granger, H. J. (1985). Cardiovascular responses to elevation of intra-abdominal hydrostatic pressure. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 248(2), R208-R213.
- Bybee R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and engineering teacher*, 70(1):30.
- Bybee R. W. (2010). What is STEM education? *Science*, 329(5995):996 doi:10.1126/science.1194998
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2013). *STEM project-based learning*. An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach, 2.
- Eguchi A. (2016). RoboCupJunior for promoting STEM education, 21st century skills, and technological advancement through robotics competition. *Robotics and Autonomous Systems*, 75:692-699.
- European Commission: Project Acronym: EDU-ARCTIC Project Title: "Edu-Arctic – Innovative educational program attracting young people to natural sciences and polar research" NUMBER – 710240 – EDU-ARCTIC/ 1st submission: 30 June 2016, 2nd submission: 19 July 2016 (updated) Leader Partner: American Systems Sp. z o.o. Main Authors: Krzysztof Man Reviewed by: Agata Goździk, Maria Korda Target audience: Consortium members, REA/European Commission (EC), other interested parties Delivery date: M2 Version: 7.
- Gilman, A. (1937). The relation between blood osmotic pressure, fluid distribution and voluntary water intake. *American Journal of Physiology-Legacy Content*, 120(2), 323-328.
- Heeney N. D., Habib F., Brar G. K., Krahn G., Campbell D. A., Sanatani S., & Claydon V. E. (2019). Validation of finger blood pressure monitoring in children. *Blood pressure monitoring*, 24(3), 137-145.
- Kennedy T. J., & Odell M. R. L. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3): 246-258.
- Kordaki M., & Berdousis I. (2017). Computing and STEM in Greece: Gender representation of students and teachers during the decade 2002/2012. *Education and Information Technologies*, 22(1):101-124.
- Le Q., Le H., Vu C., Nguyen N., Nguyen A., & Vu N. (2015). Integrated science, technology, engineering and mathematics (STEM) education through active experience of designing technical toys in Vietnamese schools. *British Journal of Education, Society & Behavioural Science*, 11(2): 1-12.
- Magder S. (2018). The meaning of blood pressure. *Critical Care*, 22(1), 257.
- Martina, J. R., Westerhof, B. E., van Goudoever, J., de Beaumont, E. M. H., Truijten, J., Kim, Y. S., ... & van Lieshout, J. J. (2012). Noninvasive continuous arterial blood pressure monitoring with Nexfin®. *The Journal of the American Society of Anesthesiologists*, 116(5), 1092-1103.
- Mayo M. J. (2009). Video games: A route to large-scale STEM education? *Science*, 323(5910):79-82.
- McGhee B. H. & Bridges E. J. (2002). Monitoring arterial blood pressure: what you may not know. *Critical Care Nurse*, 22(2), 60-79.
- Meidert, A. S., & Saugel, B. (2018). Techniques for non-invasive monitoring of arterial blood pressure. *Frontiers in medicine*, 4, 231.
- Miyachi, M. (2013). Effects of resistance training on arterial stiffness: a meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 47(6), 393-396.
- Parati G., Ochoa J. E., Salvi P., Lombardi C., & Bilo G. (2013). Prognostic value of blood pressure variability and average blood pressure levels in patients with hypertension and diabetes. *Diabetes care*, 36 (Supplement 2): S312-S324
- Parati G., Torlasco C., Pengo M., Bilo G., & Ochoa J. E. (2020). Blood pressure variability: its relevance for cardiovascular homeostasis and cardiovascular diseases. *Hypertension Research*, 1-12.
- Petersen, L. G., Carlsen, J. F., Nielsen, M. B., Damgaard, M., & Secher, N. H. (2014). The hydrostatic pressure indifference point underestimates orthostatic redistribution of blood in humans. *Journal of Applied Physiology*, 116(7), 730-735.
- Petrie J. C., O'Brien E. T., Littler W. A., & De Swiet M. (1986). Recommendations on blood pressure measurement. *British medical journal (Clinical research ed.)*, 293(6547): 611
- Pickering T. G., Hall J. E., Appel L. J., Falkner B. E., Graves J., Hill M. N., ... & Roccella E. J. (2005). Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals: part 1: blood pressure measurement in humans: a statement for professionals from the Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. *Hypertension*, 45(1):142-161.
- Poon, C. C., Zhang, Y. T., & Liu, Y. (2006, September). Modeling of pulse transit time under the effects of hydrostatic pressure for cuffless blood pressure measurements. In *2006 3rd IEEE/EMBS International Summer School on Medical Devices and Biosensors* (pp. 65-68). IEEE.
- Prather, J. W., Gaar Jr, K. A., & Guyton, A. C. (1968). Direct continuous recording of plasma colloid osmotic pressure of whole blood. *Journal of applied physiology*, 24(4), 602-605.
- Psycharis, S. (2018). STEAM in education: A literature review on the role of computational thinking, engineering epistemology and computational science. computational steam pedagogy (CSP). *Scientific Culture*, 4(2), 51-72.
- Reeve E. M. (2015). STEM Thinking! *Technology and Engineering Teacher*, 75(4): 8-16.
- Saehana, S., Ali, M., & Supriyatman, S. (2019). Thermal Expansion and Hydrostatic Pressure Experiment Using Common Materials for Supporting Science Education in a Rural Area at Central Sulawesi, Indonesia. *Journal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(2), 241-246.
- Sahin, A. (2013). STEM project-based learning: Specialized form of inquiry-based learning. In *STEM Project-Based Learning* (pp. 59-64). Brill Sense.

- Sesso H. D., Stampfer M. J., Rosner B., Hennekens C. H., Gaziano J. M., Manson J. E., & Glynn R. J. (2000). Systolic and diastolic blood pressure, pulse pressure, and mean arterial pressure as predictors of cardiovascular disease risk in men. *Hypertension*, 36(5), 801-807.
- Shaltis, P. A., Reisner, A. T., & Asada, H. H. (2008). Cuffless blood pressure monitoring using hydrostatic pressure changes. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 55(6), 1775-1777.
- Shaltis, P., Reisner, A., & Asada, H. (2004, September). A hydrostatic pressure approach to cuffless blood pressure monitoring. In *The 26th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (Vol. 1, pp. 2173-2176). IEEE.
- Sharma M., Barbosa K., Ho V., Griggs D., Ghirmai T., Krishnan S. K., ... & Cao H. (2017). Cuff-less and continuous blood pressure monitoring: a methodological review. *Technologies*, 5(2), 21.
- Stamler J., Neaton J. D., & Wentworth D. N. (1989). Blood pressure (systolic and diastolic) and risk of fatal coronary heart disease. *Hypertension*, 13(5_supplement), 12.
- Stohlmann M., Moore T. J., & Roehrig G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(1), 4.
- UNESCO: Chavatzia T. (2017). Cracking the code: Girls' and women's education in science, technology, engineering and mathematics (STEM) (Vol. 253479). Paris: UNESCO Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0025/002534>.
- White D. W. (2014). What is STEM education and why is it important. *Florida Association of Teacher Educators Journal*, 1(14):1-9.
- Whitman L. E., & Witherspoon T. L. (2003). Using LEGOs to interest high school students and improve K12 stem education. *Change*: 87, 76.
- Yildirim B., & Sevi M. (2016). Examination of the effects of STEM education integrated as a part of science, technology, society and environment courses. *Journal of Human Sciences*, 13(3):3684-3695.
- Young, H. D., Freedman, R. A., Sandin, T. R., & Ford, A. L. (1996). *University physics* (Vol. 9). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Θεοδωροπούλου Μ & Χιωτέλης Ι. (2018), *Εργαστηριακός Οδηγός, Εργαστήριο Φυσικής, Πανεπιστήμιο Πατρών Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, 7η Εργαστηριακή Άσκηση, Νόμος Υδροστατικής Πίεσης*
- Λαχανά, Ε., Αρμακόλας, Σ., Χιωτέλης, Ι. (2020). Καταγραφή συμπεριφοράς των ερυθρών αιμοσφαιρίων, σε μη παθολογικές συνθήκες για τον ανθρώπινο οργανισμό. Μία εκπαιδευτική προσομοίωση. *Εκπαίδευση και Επιστήμες*, τ.2, σ.42-50. Περιοδικό σχολής Θετικών Επιστημών Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.
- Λυμπέρη Μ., Μαξιμιάδης Μ & Ρούκας Κ. Ι., (1993), *Εργαστηριακές Ασκήσεις Φυσιολογίας*, Αθήνα, Εκδόσεις Λύχνος.
- Ξενάκης, Α., Καλοβρέκτης, Κ., Παπαστεργίου, Γ. (2019). Συνεισφορά STEM σεναρίων Εκπαιδευτικής Ρομποτικής σε Φυσική και Μαθηματικά για ενίσχυση της Υπολογιστικής Σκέψης, *Εκπαίδευση & Επιστήμες της σχολής θετικών επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας*, τόμος 2, ISSN: 2585-2310
- Ψυχάρης, Σ., Κοτζαμπασάκη, Ε., Καλοβρέκτης, Κ. (2018). Υπολογιστική Σκέψη, Επιστημολογία των Μηχανικών και Υπολογιστική Παιδαγωγική: Μια πρόταση εισαγωγής του STEM στην εκπαίδευση. *Εκπαίδευση & Επιστήμες*, 1, σ. 1-11. Σχολή Θετικών Επιστημών Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Ηλεκτρονικές πηγές:

- <http://www.lamission.edu/lifesciences/lecturenote/AlIPhysio1/Circulation.pdf>, 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings Physiology of Circulation, Dr. Ali , 2006
- https://www.aua.gr/~bethanis/fluid_dynamics.pdf
- http://samples.jbpub.com/9781449652609/99069_ch05_6101.pdf