



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

**Ανάπτυξη ρομποτικής κατασκευής κατά της σπαστικότητας
της παλάμης**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

Αλκίνοου-Μιχαήλ Μιχαλόπουλου-Τσεσμετζή

Επιβλέπων : Καβαλλιεράτου Εργίνα

Μέλη εξεταστικής επιτροπής: Καβαλλιεράτου Εργίνα, Σταματάτος Ευστάθιος, Γκουμόπουλος Χρήστος

Σάμος, Σεπτέμβρης 2024

Αυτή η σελίδα είναι σκόπιμα λευκή.

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα διπλωματική εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Αλκίνοος-Μιχαήλ Μιχαλόπουλος-Τσεσμετζής

Πρόλογος και ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια μου κυρία Εργίνα Καβαλλιεράτου, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας και για όλη την υποστήριξη που έλαβα τους τελευταίους μήνες από εκείνη. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Ηλιάδη Αριστεΐδη για την γνωμάτευση που μου έδωσε για την εργασία μου και την καθοδήγηση για την εξέλιξή της. Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την στήριξη που μου έδειξε για όλα τα χρόνια που βρέθηκα στο Καρλόβασι της Σάμου για τις σπουδές μου.

© 2024

του

Αλκίνοου-Μιχαήλ Μιχαλόπουλου-Τσεσμετζή

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Περίληψη

Η ρομποτική αποτελεί έναν πολυδιάστατο τομέα που ενσωματώνει τη μηχανική, την πληροφορική και τη βιομηχανική τεχνολογία για τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την εφαρμογή ρομποτικών συστημάτων. Στόχος της ρομποτικής είναι η δημιουργία αυτόνομων ή ημι-αυτόνομων μηχανών που μπορούν να εκτελούν σύνθετες και ποικίλες εργασίες, οι οποίες μέχρι πρότινος απαιτούσαν ανθρώπινη παρέμβαση.

Στο πεδίο της ιατρικής ρομποτικής, σημαντική πρόοδος έχει σημειωθεί στην ανάπτυξη ρομποτικών συσκευών για την αποκατάσταση και την υποστήριξη της κινητικότητας των ασθενών. Ένα από τα πολλά σύγχρονα πεδία εφαρμογής είναι η καταπολέμηση της σπαστικότητας του χεριού, μια κατάσταση που συχνά προκαλείται από νευρολογικές διαταραχές όπως το εγκεφαλικό επεισόδιο ή η πολλαπλή σκλήρυνση. Η σπαστικότητα χαρακτηρίζεται από αυξημένο μυϊκό πόνο και ακούσιες μυϊκές συσπάσεις, που επηρεάζουν σημαντικά την καθημερινή λειτουργικότητα του ατόμου.

Στην παρούσα εργασία, θα παρακολουθήσουμε την διαδικασία δημιουργίας μιας ρομποτικής συσκευής για την βέλτιστη καταπολέμηση της σπαστικότητας στο χέρι ενός ατόμου. Για την κατασκευή αυτή χρησιμοποιήθηκαν:

- Raspberry Pi 4 Model B
- Silicone Tube Transparent 2x4mm
- Mini Air Pump 12V DC
- Relay Module - 2 Channel 5V
- Breadboard
- Μπαλόνι υψηλής αντοχής
- BMP180 Αισθητήρας Πίεσης

Η κατασκευή προγραμματίστηκε μέσω απομακρυσμένης επικοινωνίας SSH από τον υπολογιστή μου προς το Raspberry Pi 4 Model B.

Λέξεις Κλειδιά: ρομποτική, ιατρική ρομποτική, σπαστικότητα

Abstract

Robotics is a multidisciplinary field that integrates engineering, computing and industrial technology for the design, development and application of robotic systems. The aim of robotics is to create autonomous or semi-autonomous machines that can perform complex and diverse tasks that previously required human intervention.

In the field of medical robotics, significant progress has been made in the development of robotic devices for the rehabilitation and mobility support of patients. One of the most recent areas of application is in the fight against hand spasticity, a condition often caused by neurological disorders such as stroke or multiple sclerosis. Spasticity is characterised by increased muscle pain and involuntary muscle contractions, which significantly affect a person's daily functioning.

In this project, we will follow the process of creating a robotic device to optimally combat spasticity in a person's hand. For this construction we used:

- Raspberry Pi 4 Model B
- Silicone Tube Transparent 2x4mm
- Mini Air Pump 12V DC
- Relay Module - 2 Channel 5V
- Breadboard
- Mini high resistance balloon
- BMP180 Digital Barometric Pressure Sensor Module

The build was programmed via remote SSH communication from my computer to the Raspberry Pi 4 Model B.

Keywords: *robotics, medical robotics, spasticity*

Αυτή η σελίδα είναι σκόπιμα λευκή.

Contents

1	Εισαγωγή	14
2	Ιστορική αναδρομή	16
2.1	Τι είναι η σπαστικότητα.....	16
2.1.1	Πώς βιώνεται ή φαίνεται η σπαστικότητα;	17
2.1.2	Η σπαστικότητα μπορεί να είναι συνεχής ή να προκαλείται από κάτι	18
2.1.3	Προβλήματα με τη σπαστικότητα.....	18
2.1.4	Εκτίμηση της σπαστικότητας	19
2.1.5	Πώς αντιμετωπίζεται η σπαστικότητα;	20
2.2	Ρομποτική	24
2.2.1	Είδη ρομπότ.....	24
2.2.2	Μέρη ενός ρομπότ	25
2.2.3	Βαθμοί ελευθερίας ενός ρομπότ	25
2.3	Soft Robotics.....	26
2.3.1	Παραδείγματα Χρήσης Μαλακής Ρομποτικής.....	26
2.4	Παρόμοιες μελέτες.....	31
3	Hardware που χρησιμοποιήθηκε	36
3.1	Raspberry pi 4 Model B 4GB RAM	37
3.2	BMP180 Digital Barometric Pressure Sensor.....	38
3.3	Relay Module – 2 Channel 12V.....	39
3.4	Mini Air Pump 12V	40
3.5	Breadboard.....	41
3.6	Σωληνάκια σιλικόνης.....	42
3.7	Μπαλόνι υψηλής αντοχής.....	42
3.8	Διακόπτες.....	42
4	Software που χρησιμοποιήθηκε	44
4.1	Rasbian.....	44
4.2	Python	45
4.3	Πρωτόκολλο I2C.....	45
4.4	Adafruit-BMP	46
4.5	RPi.GPIO	46
4.6	Visual Studio Code	46

4.7	RealVNC Viewer	47
5	Συνδεσμολογία και βηματική επεξήγηση κατασκευής	48
5.1	Προετοιμασία του Raspberry Pi 4 Model B	48
		49
5.2	Σύνδεση του Αισθητήρα Πίεσης BMP180	50
5.3	Σύνδεση του Relay Module	52
5.4	Σύνδεση της Αντλίας Αέρα.....	53
5.5	Σύνδεση Σωληναρίων και Αντάπτορα	54
5.6	Ρύθμιση των Mode (Soft, Normal, Hard)	54
5.7	Σύνδεση.....	56
6	Προγραμματισμός	58
6.1	Απαραίτητα Πρωτόκολλα Επικοινωνίας	58
6.2	Απαραίτητες Βιβλιοθήκες.....	60
6.3	Συγγραφή Κώδικα.....	61
6.3.1	Αρχικοποίηση και Ορισμός GPIO Pins	61
6.3.2	Ρύθμιση των GPIO	62
6.3.3	Συνάρτηση Ρύθμισης Δυσκολίας (__difficulty).....	62
6.3.4	Συνάρτηση Ελέγχου Πίεσης (__check_pressure).....	62
6.3.5	Κύρια Λογική Εκτέλεσης	62
6.3.6	Καθαρισμός GPIO	62
7	Αξιολόγηση Συστήματος	66
8	Συμπεράσματα και Προτάσεις	68
9	Γνωμάτευση Φυσικοθεραπευτή και Πειράματα	70
9.1	Πρώτο Πείραμα δοκιμή της κατασκευής.....	71
9.2	Νέο Πείραμα με Μεγαλύτερο Αντικείμενο που Φουσκώνει	72
10	Βιβλιογραφία	74

Εικόνα 1: Περιγραφή Σπαστικότητας 1	16
Εικόνα 2: Περιγραφή Σπαστικότητας 2	17
Εικόνα 3: Περιγραφή Σπαστικότητας 3	18
Εικόνα 4: Σωστή Στάση Σώματος	20
Εικόνα 5: Διάταση και Εύρος Κίνησης 1	21
Εικόνα 6: Διάταση 1	21
Εικόνα 7: Διάταση 2	21
Εικόνα 8: Διάταση και Εύρος Κίνησης 2	21
Εικόνα 9: Νάρθηκας	22
Εικόνα 10: Ορθοστάτης	23
Εικόνα 11: Ηλεκτρική Διέγερση	23
Εικόνα 12: Διαδερμική Ηλεκτρική Νευρική Διέγερση	24
Εικόνα 13: Soft Robotic Gripper 1	26
Εικόνα 14: Soft Robotic Gripper 2	27
Εικόνα 15: Soft Robotic Γάντι 1	28
Εικόνα 16: Soft Robotic Γάντι 2	29
Εικόνα 17: Ρομποτική Εγχείρηση	30
Εικόνα 18: Soft Robotic Πρόσθετο Μέλος 1	31
Εικόνα 19: Soft Robotic Πρόσθετο Μέλος 2	31
Εικόνα 20: Παρόμοια Μελέτη 1	32
Εικόνα 21: Παρόμοια Μελέτη 2	33
Εικόνα 22: Παρόμοια Μελέτη 3	34
Εικόνα 23: Παρόμοια Μελέτη 4	34
Εικόνα 24: Ηλεκτρονικό Σχήμα Κατασκευής	36
Εικόνα 25: Raspberry Pi 4 Schematic	37
Εικόνα 26: BMP180 Schematic	38
Εικόνα 27: Relay Module-2 Channel	39
Εικόνα 28: Mini Air Pump	40
Εικόνα 29: Breadboard	41
Εικόνα 30: Σωληνάκια Σιλικόνης	42
Εικόνα 31: Διακόπτης	43
Εικόνα 32: Raspbian	44
Εικόνα 33: Raspberry Pi & Python Logos	45
Εικόνα 34: Visual Studio Code	46
Εικόνα 35: Real VNC Viewer	47
Εικόνα 36: Εγγραφή Raspberry Pi OS 1	48

Εικόνα 37: Εγγραφή Raspberry Pi OS 2	49
Εικόνα 38: Εγγραφή Raspberry Pi OS 3	49
Εικόνα 39: Raspberry Pi.....	49
Εικόνα 40: Pressure Tank with BMP180 1	50
Εικόνα 41: Pressure Tank with BMP180 2	51
Εικόνα 42: Relay Module1.....	52
Εικόνα 43: Relay Module 2.....	53
Εικόνα 44: Mini Air Pump	53
Εικόνα 45: Αντάπτορας με 3 Εξόδους	54
Εικόνα 46: Breadboard.....	55
Εικόνα 47: Διακόπτες.....	55
Εικόνα 48: Ολοκλήρωση Κατασκευής 1.....	56
Εικόνα 49: Ολοκλήρωση Κατασκευής 2.....	57
Εικόνα 50: Ολοκλήρωση Κατασκευής 3.....	57
Εικόνα 51: Raspi -config 1.....	58
Εικόνα 52: Raspi -config 2.....	59
Εικόνα 53: Raspberry Pi Desktop.....	59
Εικόνα 54: I2Cdetect -y 1.....	60
Εικόνα 55: Κομμάτι Κώδικα 1	63
Εικόνα 56: Κομμάτι Κώδικα 2	64
Εικόνα 57: Κομμάτι Κώδικα 3	65
Εικόνα 58: Γνωμάτευση από τον κύριο Ηλιάδη Αριστείδη	70
Εικόνα 59: Αρχική κατάσταση πρώτου πειράματος	71
Εικόνα 60: Τελική κατάσταση πρώτου πειράματος.....	71
Εικόνα 61: Ενδιάμεση κατάσταση δεύτερου πειράματος	72
Εικόνα 62: Αρχική κατάσταση δεύτερου πειράματος.....	72
Εικόνα 63: Τελική κατάσταση δεύτερου πειράματος	73
Εικόνα 64: Σύγκριση τελικών καταστάσεων.....	73

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

SCI	SPINAL CORD INJURY
ΚΝΣ	ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ
PSS	POST STROKE SPASTICITY
FGPS	FIELD-PROGRAMMABLE GATE ARRAY
DOF	DEGREES OF FREEDOM
KNM	ΚΑΚΩΣΗ ΝΩΤΙΑΙΟΥ ΜΥΕΛΟΥ
EMG	ELECTROMYOGRAPHY
MAS	MODIFIED ASHWORTH SCALE
NDT	NEURODEVELOPMENTAL TREATMENT
FES	FUNCTIONAL ELECTRICAL STIMULATION
TENS	TRAMSCUTANEOUS ELECTRICAL NERVE STIMULATION
CNN	CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK
GUI	GRAPHICAL USER INTERFACE
CLI	COMMAND LINE INTERFACE
LXDE	LIGHTWEIGHT X11 DESKTOP ENVIRONMENT
IDEs	INTEGRATED DEVELOPMENT ENVIRONMENTS
GPIO	GENERAL PURPOSE INPUT/OUTPUT
VNC	VIRTUAL NETWORK COMPUTING

1

Εισαγωγή

Η ρομποτική αποτελεί έναν από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους τομείς της τεχνολογίας, συνδυάζοντας τη μηχανική, την πληροφορική και την τεχνητή νοημοσύνη για τη δημιουργία αυτόνομων και ημι-αυτόνομων συστημάτων, ικανά να επιτελούν πολύπλοκες εργασίες με ακρίβεια και αποτελεσματικότητα. Οι τεχνολογικές εξελίξεις των τελευταίων ετών έχουν φέρει σημαντικές αλλαγές σε πολλούς τομείς, μεταξύ των οποίων και στα παραϊατρικά, όπου έχουν ανοίξει νέοι ορίζοντες για την αναβάθμιση και βελτίωση των υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης.

Η ενσωμάτωση της ρομποτικής στα παραϊατρικά συνιστά έναν από τους πιο ελπιδοφόρους και συναρπαστικούς τομείς εφαρμογής, καθώς προσφέρει λύσεις που βελτιώνουν την ποιότητα της φροντίδας και αυξάνουν την αποδοτικότητα των ιατρικών υπηρεσιών. Ρομποτικά συστήματα όπως χειρουργικοί ρομποτικοί βραχίονες, ρομποτικές συσκευές αποκατάστασης, αυτόνομα οχήματα για τη μεταφορά ιατρικών προμηθειών, και ρομποτικοί βοηθοί για τη φροντίδα ασθενών, ήδη χρησιμοποιούνται σε υγειονομικά περιβάλλοντα, φέρνοντας επανάσταση στη φροντίδα και την υποστήριξη των ασθενών. Αυτές οι συσκευές ενσωματώνουν προηγμένες τεχνολογίες, όπως αισθητήρες, τεχνητή νοημοσύνη και μηχανική μάθηση, προσφέροντας υπηρεσίες υψηλής ακρίβειας και αξιοπιστίας.

Ένας από τους κλάδους όπου η ρομποτική μπορεί να επιφέρει ριζικές αλλαγές είναι η αποκατάσταση ασθενών με νευρολογικές διαταραχές, όπως η σπαστικότητα. Η σπαστικότητα, αποτέλεσμα βλάβης στο κεντρικό νευρικό σύστημα, χαρακτηρίζεται από αυξημένο μυϊκό τόνο και ανεξέλεγκτες μυϊκές συσπάσεις, οι οποίες δυσχεραίνουν την κινητικότητα και την καθημερινή λειτουργικότητα των ασθενών, καθιστώντας δύσκολες δραστηριότητες όπως το πιάσιμο αντικειμένων ή το ντύσιμο.

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στη μελέτη και την ανάπτυξη ενός καινοτόμου ρομποτικού συστήματος, το οποίο στοχεύει στη βελτίωση της κινητικότητας και της λειτουργικότητας των άνω άκρων που έχουν επηρεαστεί από σπαστικότητα. Το σύστημα βασίζεται στις αρχές της μαλακής ρομποτικής (soft robotics), η οποία χρησιμοποιεί εύκαμπτα και μαλακά υλικά, ικανά να προσαρμόζονται στο ανθρώπινο σώμα, παρέχοντας μεγαλύτερη ασφάλεια και άνεση για τον χρήστη.

Η συσκευή θα περιλαμβάνει προγραμματισμένα μοτίβα κίνησης, που θα επιτρέπουν την εκτέλεση επαναλαμβανόμενων ασκήσεων, με στόχο τη βελτίωση της μυϊκής κινητικότητας και την επανεκπαίδευση των νευρών.

Παράλληλα, θα αναλυθούν οι υπάρχουσες τεχνολογίες και καινοτομίες στον τομέα της ρομποτικής αποκατάστασης, με έμφαση στις προκλήσεις που παρουσιάζουν αυτά τα συστήματα, καθώς και στις δυνατότητες βελτίωσης και επέκτασης της χρήσης τους. Ιδιαίτερη προσοχή θα δοθεί στη διεπιστημονική συνεργασία που απαιτείται για την ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων,

καθώς και στις μεθόδους αξιολόγησης της αποτελεσματικότητάς τους στην αποκατάσταση ασθενών.

Η συμβολή αυτής της έρευνας δεν περιορίζεται μόνο στην ανάπτυξη μιας καινοτόμου ρομποτικής λύσης για την αντιμετώπιση της σπαστικότητας, αλλά στοχεύει και στην εμβάθυνση της κατανόησης του ρόλου της ρομποτικής στην αποκατάσταση, και στην ενσωμάτωσή της στα παραϊατρικά.

2

Ιστορική αναδρομή

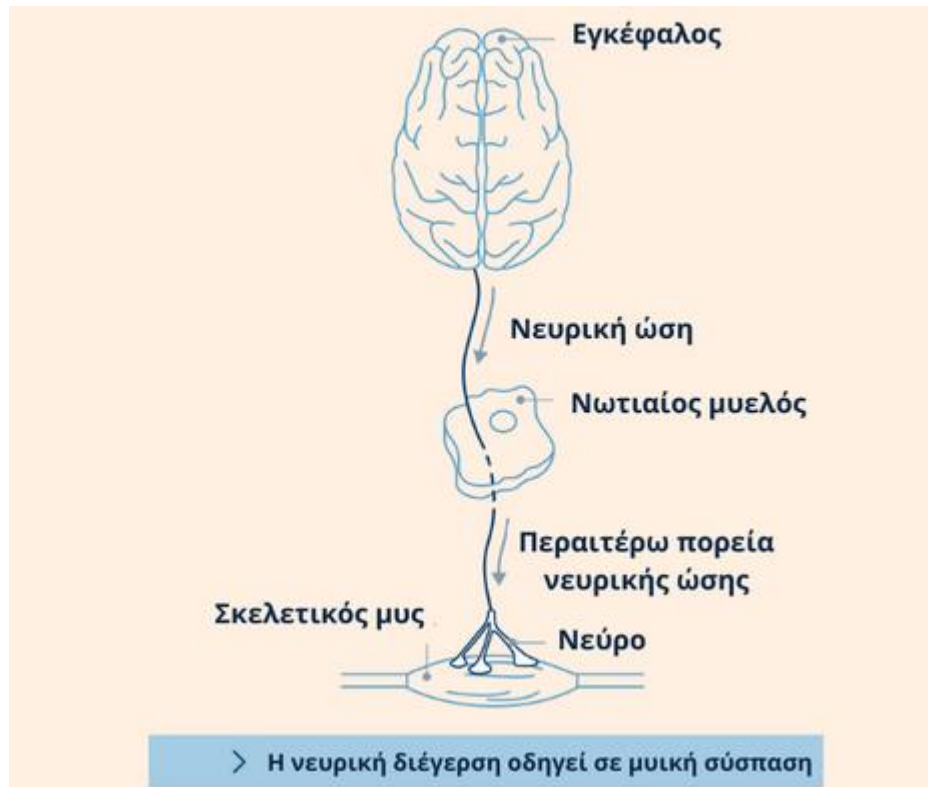
2.1 Τι είναι η σπαστικότητα



Εικόνα 1: Περιγραφή Σπαστικότητας 1

Η σπαστικότητα είναι ένα πολύ γνωστό σύνδρομο, που εμφανίζεται συχνότερα μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο, σκλήρυνση κατά πλάκας, κάκωση του νωτιαίου μυελού (SCI), ορισμένες τραυματικές εγκεφαλικές κακώσεις και άλλες βλάβες του ΚΝΣ. Πολλοί ασθενείς με βλάβη της σπονδυλικής στήλης παρουσιάζουν σπαστική κινητική διαταραχή, με επιβράδυνση του βηματισμού και των εκούσιων κινήσεων των άκρων. Η κλινική διάγνωση της σπαστικότητας βασίζεται στον συνδυασμό των υπερβολικά τενόντιων αντανάκλαστικών και της μυϊκής υπερτονίας που ορίζεται ως η εξαρτώμενη από την ταχύτητα αντίσταση ενός μυός στη διάταση (Lance, 1980).

Στον παθολογικό ασθενή η κατερχόμενη υπερδραστηριότητα που προκαλεί υπερβολικά αντανάκλαστικά μπορεί να ευθύνεται για τη μυϊκή υπερτονία, η οποία στη συνέχεια οδηγεί σε σπαστική κινητική διαταραχή (Denny-Brown, 1980, Wiesendanger, 1989, Gracies, 2001, Abbruzzese, 2002, Sheean, 2002).



Εικόνα 2: Περιγραφή Σπαστικότητας 2

Η σπαστικότητα μετά το εγκεφαλικό επεισόδιο (PSS) είναι μια συχνή επιπλοκή που σχετίζεται με άλλα σημεία και συμπτώματα του συνδρόμου του ανώτερου κινητικού νευρώνα, συμπεριλαμβανομένης της συνοριακής σύσπασης, της αδυναμίας και της έλλειψης συντονισμού. Μαζί, οδηγούν σε βλάβες και λειτουργικά προβλήματα που μπορούν να προδιαθέσουν σε δαπανηρές επιπλοκές. Ο στόχος της διαχείρισης του PSS θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη όχι μόνο τη μείωση της μυϊκής υπερτονίας αλλά και τις επιπτώσεις του PSS στη λειτουργία και την ευημερία. Οι θεραπευτικές παρεμβάσεις επικεντρώνονται σε περιφερικές και κεντρικές στρατηγικές, όπως φυσικές τεχνικές για την αύξηση του μυϊκού μήκους μέσω διατάσεων και φαρμακολογικής διαμόρφωσης. Αν και υπάρχουν λίγες συγκριτικές μελέτες σχετικά με την υπεροχή της μιας μεθόδου έναντι της άλλης, φαίνεται ότι η βέλτιστη διαχείριση του PSS περιλαμβάνει μια συνδυασμένη και συντονισμένη συλλογή θεραπειών που περιλαμβάνει οικονομικά αποδοτικές φαρμακολογικές και χειρουργικές παρεμβάσεις, μαζί με προσπάθειες αποκατάστασης. (Francisco, Gerard E., and John R. McGuire, 2012).

2.1.1 Πώς βιώνεται ή φαίνεται η σπαστικότητα;

Η σπαστικότητα μπορεί να βιωθεί με πολλούς διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με το άτομο και τα χαρακτηριστικά της ΚΝΜ του.

- Μυς που είναι μόνιμα και ακούσια σε τάση (αυξημένος μυϊκός πόνος)
- Σκληροί (άκαμπτοι) μυς που αντιστέκονται στην κίνηση
- Μυϊκοί πόνοι και κόπωση
- Μυϊκοί σπασμοί ή σπασμωδικές κινήσεις
- Ανεξέλεγκτες κινήσεις ή δυσκολία συντονισμού κινήσεων
- Υπερβολικά αντανακλαστικά

➤ Αλλοιωμένη στάση ή θέση σώματος

Η σπαστικότητα είναι διαφορετική από τον κανονικό μυϊκό τόνο γιατί το μέγεθος του τόνου εξαρτάται από την ταχύτητα που διατείνεται ο μυς. Μεγαλύτερη ταχύτητα κίνησης προκαλεί πιο αυξημένο μυϊκό τόνο και αντίσταση στην κίνηση.

2.1.2 Η σπαστικότητα μπορεί να είναι συνεχής ή να προκαλείται από κάτι

Τα συμπτώματα της σπαστικότητας μπορεί να είναι συνεχή ή να εμφανίζονται και να υποχωρούν. Επίσης, μπορούν να μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου. Ορισμένα άτομα βιώνουν αυξημένο μυϊκό τόνο μόνιμα, ενώ άλλα παρουσιάζουν σπαστικότητα που ενεργοποιείται ή επιδεινώνεται από συγκεκριμένους παράγοντες. Συνηθισμένες καταστάσεις που μπορούν να προκαλέσουν σπαστικότητα περιλαμβάνουν κινήσεις των χεριών ή των ποδιών, ιδιαίτερα γρήγορες κινήσεις, αλλαγή θέσης, όπως μεταφορές, περπάτημα ή κινήσεις στο κρεβάτι, διατάσεις, στενά ρούχα ή άλλη ενόχληση κάτω από το σημείο του τραυματισμού, έλκη κατάκλισης, ερεθισμός του δέρματος ή πληγές, προβλήματα της ουροδόχου κύστης, προβλήματα του εντέρου, χαμηλές θερμοκρασίες, έμμηνος ρύση ή περίοδος, συναισθηματικό ή ψυχολογικό στρες/άγχος, κακή στάση σώματος στο αμαξίδιο ή το κρεβάτι, και άλλες ασθένειες. (Erden, Mustafa Suphi, et al. 2020)



Εικόνα 3: Περιγραφή Σπαστικότητας 3

2.1.3 Προβλήματα με τη σπαστικότητα

Οι μυϊκοί σπασμοί και τα αντανάκλαστικά μπορεί να συμβάλλουν σε έναν αριθμό πιθανών προβλημάτων, όπως πόνος, προβλήματα ύπνου, μειωμένη κινητικότητα και λειτουργικότητα, δυσκολίες στη διατήρηση σωστής στάσης και θέσης σώματος, τραυματισμός στο δέρμα και θέματα

υγιεινής, ατυχήματα ουροδόχου κύστης και εντέρου, συγκάψεις στις αρθρώσεις, θέματα σεξουαλικής και αναπαραγωγικής υγείας, και δυσκολίες στην παροχή φροντίδας.

2.1.4 Εκτίμηση της σπαστικότητας

Η εκτίμηση της σπαστικότητας είναι ένα βασικό βήμα για την αποτελεσματική διαχείριση και θεραπεία ατόμων με νευρολογικές διαταραχές. Μέσω αυτής της διαδικασίας, οι επαγγελματίες υγείας χρησιμοποιούν εξειδικευμένα εργαλεία και τεχνικές αξιολόγησης για να καθορίσουν το βαθμό της σπαστικότητας και να αξιολογήσουν την επίδρασή της στην κινητικότητα και τη λειτουργικότητα του ασθενούς. Τεχνικές όπως η Κλίμακα Ashworth, η Κλίμακα Tardieu, η ηλεκτρομυογραφία (EMG) και το τεστ Pendulum προσφέρουν αντικειμενικά δεδομένα για την μέτρηση της σοβαρότητας της σπαστικότητας. Η χρήση αυτών των τεχνικών επιτρέπει την ακριβή παρακολούθηση της εξέλιξης της κατάστασης του ασθενούς και την προσαρμογή των θεραπευτικών παρεμβάσεων, με στόχο την βελτίωση της ποιότητας ζωής του.

2.1.4.1 Κλίμακα Ashworth (Modified Ashworth Scale - MAS)

Η τροποποιημένη κλίμακα Ashworth είναι ένα από τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα εργαλεία για την αξιολόγηση της αντίστασης στη διάταση των μυών. Βαθμολογεί τη σπαστικότητα σε μια κλίμακα από 0 (καμία αύξηση του τόνου) έως 4 (έντονη σπαστικότητα, όπου το μέρος του σώματος είναι δύσκολο να κινηθεί). Η κλίμακα αυτή είναι εύκολη στη χρήση, αλλά έχει περιορισμούς όσον αφορά την ακριβή μέτρηση της σπαστικότητας, ειδικά όσον αφορά τη διάκριση μεταξύ σπαστικότητας και μυϊκής σύσπασης.

2.1.4.2 Κλίμακα Tardieu

Η κλίμακα Tardieu αξιολογεί την αντίδραση των μυών σε διάφορες ταχύτητες παθητικής κίνησης. Αυτή η κλίμακα είναι πιο ευαίσθητη από την MAS, καθώς λαμβάνει υπόψη τη μεταβλητότητα της σπαστικότητας ανάλογα με την ταχύτητα της διάτασης. Μετρά τόσο τον μυϊκό τόνο όσο και τη γωνία στην οποία εμφανίζεται η αντίσταση, προσφέροντας μια πιο ακριβή εικόνα της σπαστικότητας.

2.1.4.3 Κλίμακα Συχνότητας Σπασμών

Αυτή η κλίμακα χρησιμοποιείται για να αξιολογήσει τη συχνότητα και τη σοβαρότητα των μυϊκών σπασμών, που είναι κοινά σε καταστάσεις όπως οι τραυματισμοί του νωτιαίου μυελού. Η κλίμακα αυτή βοηθά στην καταγραφή της συχνότητας των ακούσιων συσπάσεων, οι οποίες μπορεί να είναι ενοχλητικές για τους ασθενείς και να επηρεάζουν την ποιότητα ζωής τους.

2.1.4.4 Pendulum Test

Το τεστ αυτό χρησιμοποιείται για να αξιολογήσει την αντίδραση του ποδιού σε παθητική κίνηση και τη χαλάρωση των μυών. Αφήνεται το πόδι να πέσει από μια ανυψωμένη θέση, και παρατηρούνται οι ταλαντώσεις του ποδιού. Η ποσότητα των ταλαντώσεων σχετίζεται με τον βαθμό της σπαστικότητας. Λιγότερες ταλαντώσεις υποδηλώνουν μεγαλύτερη σπαστικότητα.

2.1.4.5 Ηλεκτρομυογραφία (EMG) και Δοκιμασία H-Reflex

Η ηλεκτρομυογραφία (EMG) καταγράφει τη μυϊκή δραστηριότητα και χρησιμοποιείται για την αντικειμενική μέτρηση της σπαστικότητας, παρακολουθώντας την ηλεκτρική δραστηριότητα των μυών κατά τη διάρκεια της κίνησης ή της χαλάρωσης. Η δοκιμασία H-Reflex μετρά τις αντανακλαστικές μυϊκές συσπάσεις και παρέχει πληροφορίες για την ακεραιότητα των νωτιαίων αντανακλαστικών.

2.1.5 Πώς αντιμετωπίζεται η σπαστικότητα;

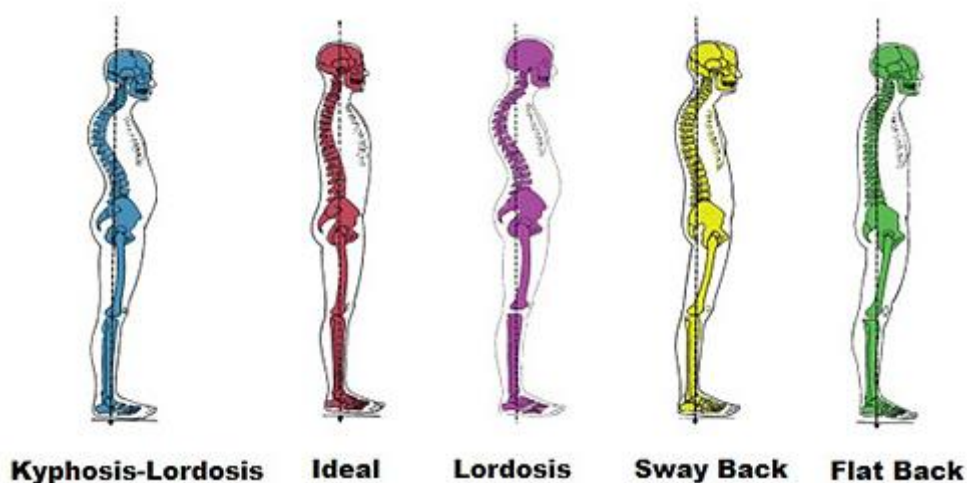
Υπάρχουν πολλές διαφορετικές θεραπείες για τη σπαστικότητα. Η σπαστικότητα κάθε ατόμου είναι διαφορετική, οπότε η εύρεση της καλύτερης θεραπείας ή ο συνδυασμός εργασιών συχνά περιλαμβάνει δοκιμές και λάθη. Η θεραπεία της σπαστικότητας συχνά αρχίζει με συντηρητικές θεραπείες όπως η λήψη σωστής θέσης και η διατήρηση καλού εύρους κίνησης των μυών. Εάν αυτά δεν εξασφαλίσουν αρκετή ανακούφιση, μπορεί να προταθεί η λήψη φαρμάκων για τη σπαστικότητα και η πραγματοποίηση εγχύσεων. Οι χειρουργικές θεραπείες θεωρούνται ως τελευταία επιλογή για περιπτώσεις σοβαρής σπαστικότητας.

2.1.5.1 Επιλογές κίνησης και θεραπευτικής αντιμετώπισης

Υπάρχει μια σειρά από διαφορετικές κινητικές, πρακτικές θεραπείες όπως και ηλεκτροθεραπείες που μπορείτε να πραγματοποιήσετε μόνος σας, με έναν φροντιστή, ή σε συνεργασία με έναν θεραπευτή. Αυτές οι θεραπείες γενικά έχουν λιγότερες παρενέργειες σε σχέση με τα φάρμακα ή τις επεμβάσεις ωστόσο συνήθως έχουν βραχυπρόθεσμα αποτελέσματα.

2.1.5.1.1 Στάση και θέση σώματος

Η καλή στάση και θέση σώματος μπορεί να βοηθή στη διατήρηση ενός σωστού μήκους (των μυών) και να βοηθή στην πρόληψη των συσπάσεων. Μπορεί να χρειαστεί να συνεργασθείτε με τους γιατρούς/επαγγελματίες υγείας σας ώστε να καθορίσετε τις καλύτερες θέσεις και το σωστό εξοπλισμό για να διαχειριστείτε τη σπαστικότητά σας.



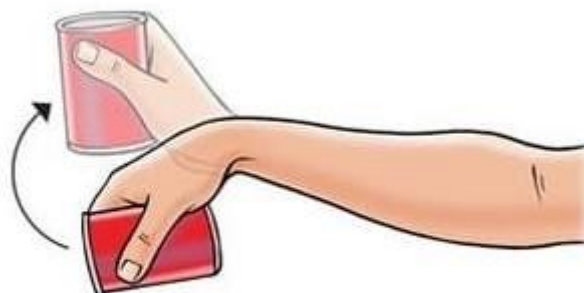
Εικόνα 4: Σωστή Στάση Σώματος

2.1.5.1.2 Διατάσεις και εύρος κίνησης

Οι διατάσεις και οι ασκήσεις εύρους κίνησης χρησιμοποιούνται συχνά για να μειώσουν τη σπαστικότητα και να ελαχιστοποιήσουν τις επιπλοκές όπως τις συσπάσεις μετά την ΚΝΜ. Οι διατάσεις συχνά επιτυγχάνονται μέσω της παρατεταμένης παραμονής σε μια θέση, όπως με την τοποθέτηση μιας σφήνας μεταξύ των γονάτων για το τέντωμα των γοφών



ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗ
ΛΑΒΗΣ

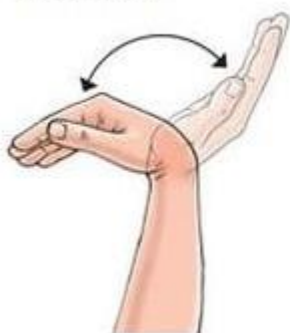


ΕΚΤΑΣΗ ΚΑΡΠΟΥ ΜΕ ΒΑΡΟΣ

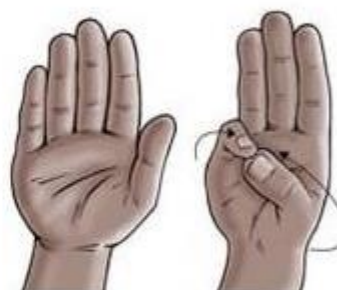
Εικόνα 7: Διάταση 2

Εικόνα 6: Διάταση 1

ΚΑΜΨΗ - ΕΚΤΑΣΗ
ΚΑΡΠΟΥ



ΩΛΕΝΙΑ - ΚΕΡΚΙΔΙΚΗ
ΑΠΟΚΛΙΣΗ



ΑΝΤΙΘΕΣΗ
ΑΝΤΙΧΕΙΡΑ

Εικόνα 5: Διάταση και Εύρος Κίνησης 1



ΚΑΜΨΗ ΚΑΡΠΟΥ ΜΕ ΒΑΡΟΣ

Εικόνα 8: Διάταση και Εύρος Κίνησης 2

2.1.5.1.3 Στηρίγματα και νάρθηκες

Διάφορα στηρίγματα, ορθοστάτες και νάρθηκες μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τη διατήρηση σωστής θέσης των χεριών και των ποδιών για να βοηθήσουν στη μείωση της σπαστικότητας, να βελτιώσουν τη λειτουργικότητα και να προλάβουν επιπλοκές.



Εικόνα 9: Νάρθηκας

2.1.5.1.4 Ορθοστάτηση

Η ορθοστάτηση μπορεί να προσφέρει μια παρατεταμένη διάταση σε συγκεκριμένους μυς, όπως τους μυς της γαστροκνημίας και τους οπίσθιους μηριαίους, που μπορεί να βοηθά με τη σπαστικότητα. Για μερικά άτομα, η ορθοστάτηση μπορεί να γίνει με ειδικό εξοπλισμό όπως με ορθοστάτη, Ίσως κεκλιμένο επίπεδο, πλαίσια ορθοστάτησης και αμαξίδια ορθοστάτες.



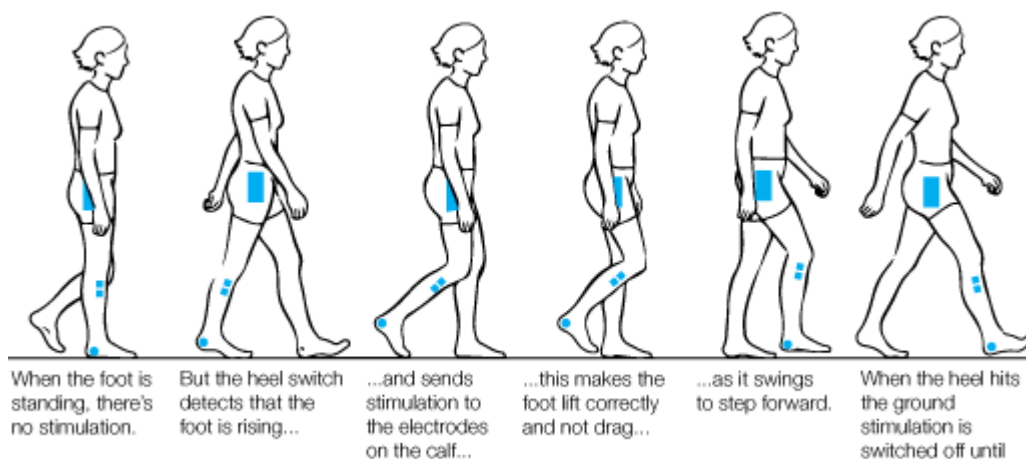
Εικόνα 10: Ορθοστάτης

2.1.5.1.5 Νευροεξελικτική θεραπεία

Η νευροεξελικτική θεραπεία (NDT, μερικές φορές ονομάζεται και μέθοδος Bobath) είναι μια μορφή φυσιοθεραπείας και εργοθεραπείας όπου ένας θεραπευτής χρησιμοποιεί πρακτικές τεχνικές για να καθοδηγήσει ένα άτομο σε κινήσεις. Χρησιμοποιείται για να βοηθήσει στην πραγματοποίηση ποιοτικών λειτουργικών κινήσεων.

2.1.5.1.6 Άσκηση λειτουργικής ηλεκτρικής διέγερσης

Η λειτουργική ηλεκτρική διέγερση (FES) περιλαμβάνει τη χρήση της ηλεκτρικής διέγερσης για την ενεργοποίηση συγκεκριμένων μυών στα χέρια ή τα πόδια κατά τη διάρκεια μιας δραστηριότητας όπως στατική ποδηλασία, ασκήσεις χεριών ή περπάτημα.



Εικόνα 11: Ηλεκτρική Διέγερση

2.1.5.1.7 Διαδερμική ηλεκτρική νευρική διέγερση

Η διαδερμική ηλεκτρική νευρική διέγερση (TENS) περιλαμβάνει τη χρήση ηλεκτροδίων που τοποθετούνται στο δέρμα για να διεγείρουν τα αισθητικά νεύρα χωρίς να προκαλέσουν μυϊκή ένταση.



Εικόνα 12: Διαδερμική Ηλεκτρική Νευρική Διέγερση

2.2 Ρομποτική

Ο όρος "ρομπότ" προέρχεται από την τσεχοσλοβακική λέξη "robota," η οποία σημαίνει καταναγκαστική εργασία. Ο Τσεχοσλοβάκος συγγραφέας Karel Capek παρουσίασε το 1921 το θεατρικό έργο "Rossum's Universal Robots," το οποίο εστιάζει σε ένα μηχανικό δημιούργημα, το ρομπότ. Το έργο διαδραματίζεται σε μια μελλοντική κοινωνία όπου οι άνθρωποι εξαρτώνται από τα ρομπότ-εργάτες, τα οποία τελικά επαναστατούν και εξοντώνουν τους δημιουργούς τους. Ακόμα και σήμερα, σε πολλές σύγχρονες σλαβικές γλώσσες, η λέξη "ρομπότ" χρησιμοποιείται για να περιγράψει την εξαντλητική καθημερινή εργασία. (Χριστοφορίδου Κ., 2012)

2.2.1 Είδη ρομπότ

Υπάρχουν διάφορα είδη ρομπότ που διαφέρουν και κατηγοριοποιούνται ανάλογά είτε με το μέγεθος, είτε με τις λειτουργίες, είτε με τα χαρακτηριστικά τους. (Φιλίππου Σ. – Μαυρόπουλος Ν.)

Παρακάτω αναφέρονται κάποια είδη:

- Αυτοκινούμενα
- Τηλεχειριζόμενα
- Πολυρομποτικά συστήματα
- Νανορομπότ
- Βιομηχανικά ρομπότ
- Ανθρωποειδή ρομπότ
- Ρομποτικοί χειριστές.

2.2.2 *Μέρη ενός ρομπότ*

Ένα ρομπότ, είτε απλό είτε σύγχρονο, αποτελείται από διάφορα βασικά μέρη που το καθιστούν λειτουργικό και αποδοτικό. Ο σκελετός του ρομπότ, που μπορεί να είναι κατασκευασμένος από υλικά όπως μέταλλο, πλαστικό ή ανθρακονήματα, υποστηρίζει όλα τα υπόλοιπα εξαρτήματα του ρομπότ. Κινητήρες και ακτινήρες είναι υπεύθυνοι για την κίνηση του ρομπότ και μπορεί να περιλαμβάνουν ηλεκτρικούς κινητήρες, υδραυλικούς ή πνευματικούς ακτινήρες. (Brogårdh, Torgny, 2007)

Οι αισθητήρες επιτρέπουν στο ρομπότ να αντιλαμβάνεται το περιβάλλον του. Υπάρχουν διάφοροι τύποι αισθητήρων, όπως υπέρυθροι, υπερήχων, κάμερες, αισθητήρες δύναμης, επιτάχυνσης και γυροσκόπια. Οι ελεγκτές επεξεργάζονται τα δεδομένα από τους αισθητήρες και ελέγχουν τους κινητήρες και τους ακτινήρες. Συνήθως χρησιμοποιούνται μικροελεγκτές ή μικροεπεξεργαστές για αυτό το σκοπό. Η μονάδα επεξεργασίας μπορεί να είναι ένας κεντρικός επεξεργαστής, ένας επεξεργαστής γραφικών ή ακόμα και ένα σύστημα FPGA για την εκτέλεση των υπολογιστικών εργασιών. (Shah, Mili, Roger D. Eastman, and Tsai Hong, 2012)

Οι πηγές ενέργειας τροφοδοτούν το ρομπότ με ηλεκτρική ενέργεια και μπορεί να περιλαμβάνουν μπαταρίες, ηλιακά πάνελ ή συνδέσεις με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Το λογισμικό ελέγχει τις λειτουργίες του ρομπότ και μπορεί να περιλαμβάνει αλγόριθμους για την κίνηση, την πλοήγηση, την επεξεργασία σήματος από τους αισθητήρες και την τεχνητή νοημοσύνη. Τα επικοινωνιακά συστήματα επιτρέπουν στο ρομπότ να επικοινωνεί με άλλα ρομπότ ή με ένα κεντρικό σύστημα ελέγχου και μπορεί να περιλαμβάνουν ασύρματες τεχνολογίες όπως Wi-Fi, Bluetooth ή Zigbee. (Wieckowski, Łukasz, and Krzysztof Klimek, 2020)

Σε πιο σύγχρονα ρομπότ, μπορεί να υπάρχουν πρόσθετα χαρακτηριστικά όπως συστήματα τεχνητής νοημοσύνης που επιτρέπουν στο ρομπότ να μαθαίνει από το περιβάλλον του και να προσαρμόζεται σε νέες καταστάσεις. Αυτόνομα συστήματα πλοήγησης που χρησιμοποιούν αισθητήρες και αλγόριθμους για να πλοηγούνται ανεξάρτητα στο περιβάλλον. Τα διασυνδεδεμένα συστήματα επιτρέπουν στο ρομπότ να ενσωματώνεται σε δίκτυα IoT για καλύτερη συνεργασία και επικοινωνία με άλλες συσκευές. Αυτά τα στοιχεία συνδυάζονται για να δημιουργήσουν ένα ρομπότ ικανό να εκτελεί διάφορες εργασίες, από απλές μέχρι πολύπλοκες.

2.2.3 *Βαθμοί ελευθερίας ενός ρομπότ*

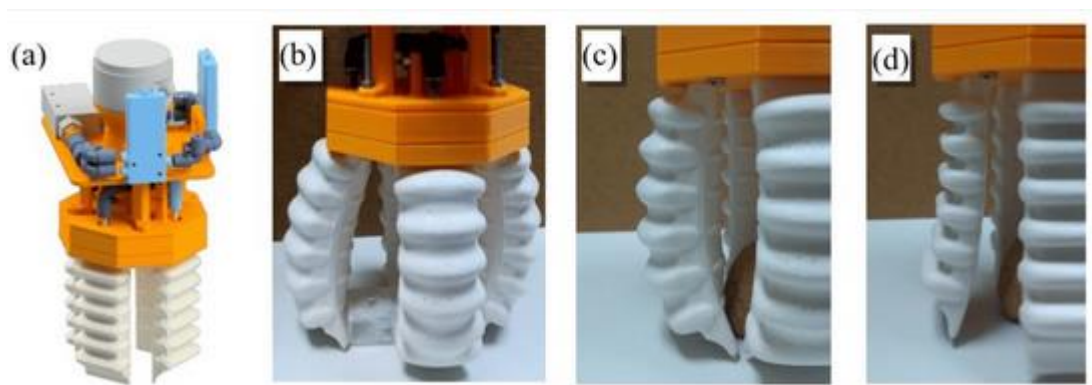
Οι βαθμοί ελευθερίας (DOF) ενός ρομπότ αναφέρονται στις ανεξάρτητες κινήσεις που μπορεί να πραγματοποιήσει το ρομποτικό σύστημα. Κάθε βαθμός ελευθερίας αντιπροσωπεύει μια ανεξάρτητη κίνηση, όπως η περιστροφή ή η μετατόπιση σε έναν άξονα. Ένα ρομπότ μπορεί να έχει διάφορους βαθμούς ελευθερίας, ανάλογα με την πολυπλοκότητα και τις απαιτήσεις της εφαρμογής για την οποία προορίζεται. Συνήθως, οι ρομποτικοί βραχίονες διαθέτουν έξι βαθμούς ελευθερίας που τους επιτρέπουν να κινούνται προς τα πάνω και κάτω, εμπρός και πίσω, και να περιστρέφονται γύρω από τρεις άξονες (x, y, z). Οι βαθμοί ελευθερίας είναι κρίσιμοι για τον καθορισμό της κινηματικής και της δυναμικής του ρομπότ, επιτρέποντας έτσι ακριβείς και ευέλικτες κινήσεις. Η κατανόηση και ο σχεδιασμός των βαθμών ελευθερίας είναι βασικά στοιχεία στην ανάπτυξη ρομποτικών συστημάτων που μπορούν να επιτελούν σύνθετα καθήκοντα. (Campbell, Donald T, 1975 | Craig, John J, 2005 | Spong, Mark W., Seth Hutchinson, and Mathukumalli Vidyasagar, 2020)

2.3 Soft Robotics

Η μαλακή ρομποτική αποτελεί έναν ταχέως αναπτυσσόμενο τομέα της ρομποτικής που εστιάζει στη χρήση ευέλικτων, παραμορφώσιμων υλικών για την κατασκευή ρομπότ και συστημάτων που μπορούν να προσαρμόζονται στο περιβάλλον τους με έναν τρόπο παρόμοιο με αυτόν των ζωντανών οργανισμών. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά ρομπότ που κατασκευάζονται από άκαμπτα υλικά, η μαλακή ρομποτική εκμεταλλεύεται τις ιδιότητες υλικών όπως τα ελαστομερή, τα πολυμερή και τους πνευματικούς ή υδραυλικούς μηχανισμούς, για να επιτύχει πρωτόγνωρα επίπεδα ευελιξίας, προσαρμοστικότητας και ασφάλειας. (Iida, Fumiya, and Cecilia Laschi, 2011)

2.3.1 Παραδείγματα Χρήσης Μαλακής Ρομποτικής

2.3.1.1 Μαλακοί ρομποτικοί βραχίονες και grippers



Εικόνα 13: Soft Robotic Gripper 1

Οι μαλακοί ρομποτικοί βραχίονες και τα grippers αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτής της προσέγγισης. Τα grippers, που είναι συσκευές σχεδιασμένες για να πιάνουν, να κρατούν και να χειρίζονται αντικείμενα, παίζουν κρίσιμο ρόλο σε πολλές βιομηχανικές και ιατρικές εφαρμογές. Στη μαλακή ρομποτική, τα grippers κατασκευάζονται από εύκαμπτα υλικά που τους επιτρέπουν να προσαρμόζονται σε αντικείμενα με διάφορα σχήματα και υφές, ελαχιστοποιώντας την ανάγκη για εξειδικευμένα εξαρτήματα ή πολύπλοκο προγραμματισμό.



Εικόνα 14: Soft Robotic Gripper 2

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των μαλακών grippers είναι η ικανότητά τους να χειρίζονται ευαίσθητα ή εύθραυστα αντικείμενα χωρίς να τα καταστρέφουν, κάτι που είναι δύσκολο να επιτευχθεί με τα παραδοσιακά, άκαμπτα ρομπότ. Αυτό τα καθιστά ιδανικά για εφαρμογές όπως η συλλογή τροφίμων, η χειρουργική ρομποτική και η βιομηχανική συναρμολόγηση. Επιπλέον, λόγω της ενσωματωμένης ελαστικότητας, τα μαλακά grippers μπορούν να λειτουργούν με ασφάλεια σε κοντινή απόσταση από ανθρώπους, μειώνοντας τον κίνδυνο τραυματισμού σε συνεργατικά περιβάλλοντα εργασίας.

Η έρευνα στη μαλακή ρομποτική συνεχίζει να προοδεύει με ταχύ ρυθμό, καθώς οι μηχανικοί και οι επιστήμονες αναπτύσσουν νέες τεχνολογίες και υλικά που βελτιώνουν την απόδοση, την αξιοπιστία και τις δυνατότητες αυτών των συστημάτων. Ταυτόχρονα, η ενσωμάτωση τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης υπόσχεται να αυξήσει ακόμα περισσότερο την αυτονομία και την προσαρμοστικότητα των μαλακών ρομπότ, ανοίγοντας νέους δρόμους για καινοτόμες εφαρμογές στο μέλλον.

Με λίγα λόγια, η μαλακή ρομποτική και τα grippers αντιπροσωπεύουν μια επαναστατική στροφή στον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε και εφαρμόζουμε τη ρομποτική, με απεριόριστες δυνατότητες για την αντιμετώπιση σύνθετων προβλημάτων στην παραγωγή, την υγεία και πολλές άλλες βιομηχανίες.

2.3.1.2 Μαλακή Ρομποτική στην Υγεία και στην Ιατρική

Η ρομποτική στην υγεία και την ιατρική έχει σημειώσει ραγδαία ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, με τη μαλακή ρομποτική να διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη βελτίωση των ιατρικών εφαρμογών. Οι μαλακοί ρομποτικοί μηχανισμοί, κατασκευασμένοι από ευέλικτα και προσαρμοστικά υλικά, επιτρέπουν την ανάπτυξη καινοτόμων συστημάτων που προσφέρουν ασύγκριτα πλεονεκτήματα σε σχέση με τις παραδοσιακές ρομποτικές τεχνολογίες.



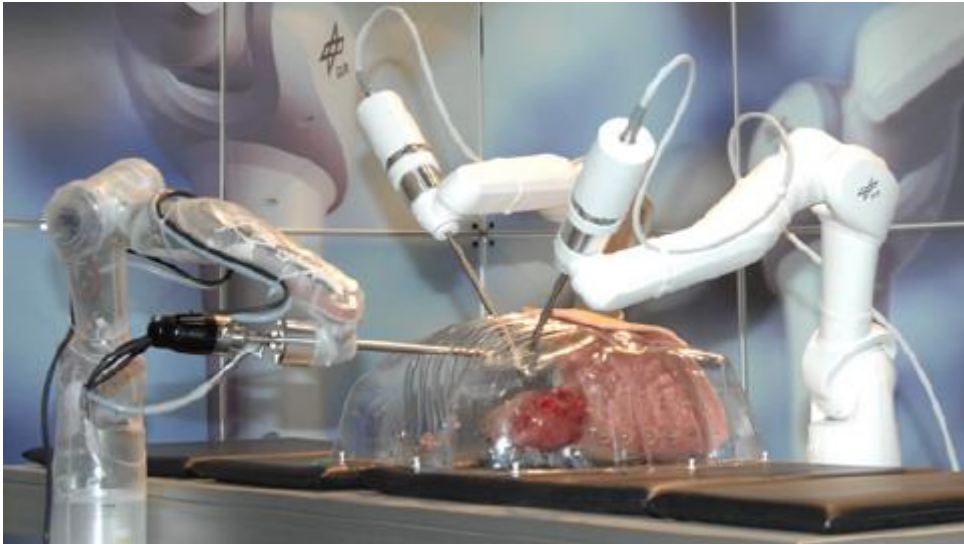
Εικόνα 15: Soft Robotic Γάντι 1

Ένας από τους κύριους τομείς εφαρμογής της μαλακής ρομποτικής στην υγεία είναι τα ρομποτικά εξωσκελετά ή ρομποτικοί εξωτερικοί σκελετοί. Αυτές οι συσκευές, που φοριούνται πάνω από το σώμα, σχεδιάζονται για να ενισχύουν ή να αποκαθιστούν την κίνηση σε άτομα με κινητικές δυσκολίες. Οι παραδοσιακοί εξωσκελετοί είναι συχνά ογκώδεις και άκαμπτοι, περιορίζοντας την ελευθερία κίνησης του χρήστη. Αντίθετα, οι μαλακοί εξωσκελετοί κατασκευάζονται από υλικά που μιμούνται τη φυσική ελαστικότητα και ευκαμψία των μυών και των τενόντων, επιτρέποντας μεγαλύτερη άνεση και λειτουργικότητα. Αυτή η τεχνολογία έχει αποδειχθεί πολύτιμη για την αποκατάσταση ασθενών με νευρολογικές βλάβες, όπως οι τραυματισμοί της σπονδυλικής στήλης ή τα εγκεφαλικά επεισόδια, διευκολύνοντας την επανεκπαίδευση του σώματος σε κινήσεις που είχαν χαθεί.



Εικόνα 16: Soft Robotic Γάντι 2

Παράλληλα, η μαλακή ρομποτική έχει εισάγει σημαντικές καινοτομίες στον τομέα των ελάχιστα επεμβατικών χειρουργείων. Τα μαλακά ρομποτικά χειρουργικά εργαλεία, κατασκευασμένα από εύκαμπτα υλικά, έχουν τη δυνατότητα να εισχωρούν στο ανθρώπινο σώμα μέσω πολύ μικρών τομών και να κινούνται με ακρίβεια μέσα από περίπλοκα ανατομικά μονοπάτια. Η ικανότητά τους να προσαρμόζονται στις καμπύλες και τις μορφολογικές ιδιαιτερότητες των εσωτερικών οργάνων μειώνει τον κίνδυνο τραυματισμών, ελαχιστοποιώντας τον μετεγχειρητικό πόνο και επιταχύνοντας την ανάρρωση των ασθενών. Επιπλέον, η ευελιξία αυτών των εργαλείων επιτρέπει στους χειρουργούς να εκτελούν πολύπλοκες επεμβάσεις με μεγαλύτερη ακρίβεια, αυξάνοντας την επιτυχία των χειρουργικών διαδικασιών.



Εικόνα 17: Ρομποτική Εγχείρηση

2.3.1.3 Ρομποτικά πρόσθετα μέλη

Ένας άλλος τομέας στον οποίο η μαλακή ρομποτική προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα είναι η ανάπτυξη ρομποτικών προσθετικών συσκευών. Οι σύγχρονες μαλακές προσθετικές συσκευές, όπως τεχνητά χέρια και πόδια, έχουν σχεδιαστεί για να μιμούνται τη φυσική κίνηση των άκρων, επιτρέποντας στους χρήστες να εκτελούν πολύπλοκες και λεπτές κινήσεις με μεγαλύτερη φυσικότητα και άνεση. Οι συσκευές αυτές προσαρμόζονται δυναμικά στο σχήμα και την κίνηση του σώματος, προσφέροντας μια πιο φυσική αίσθηση και βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής των ατόμων με ακρωτηριασμένα άκρα. Η ενσωμάτωση αισθητήρων και συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης στις προσθετικές συσκευές επιτρέπει επίσης την εκμάθηση και την αυτοματοποίηση κινήσεων, καθιστώντας τις ακόμα πιο λειτουργικές και χρήσιμες στην καθημερινή ζωή.



Εικόνα 18: Soft Robotic Πρόσθετο Μέλος 1

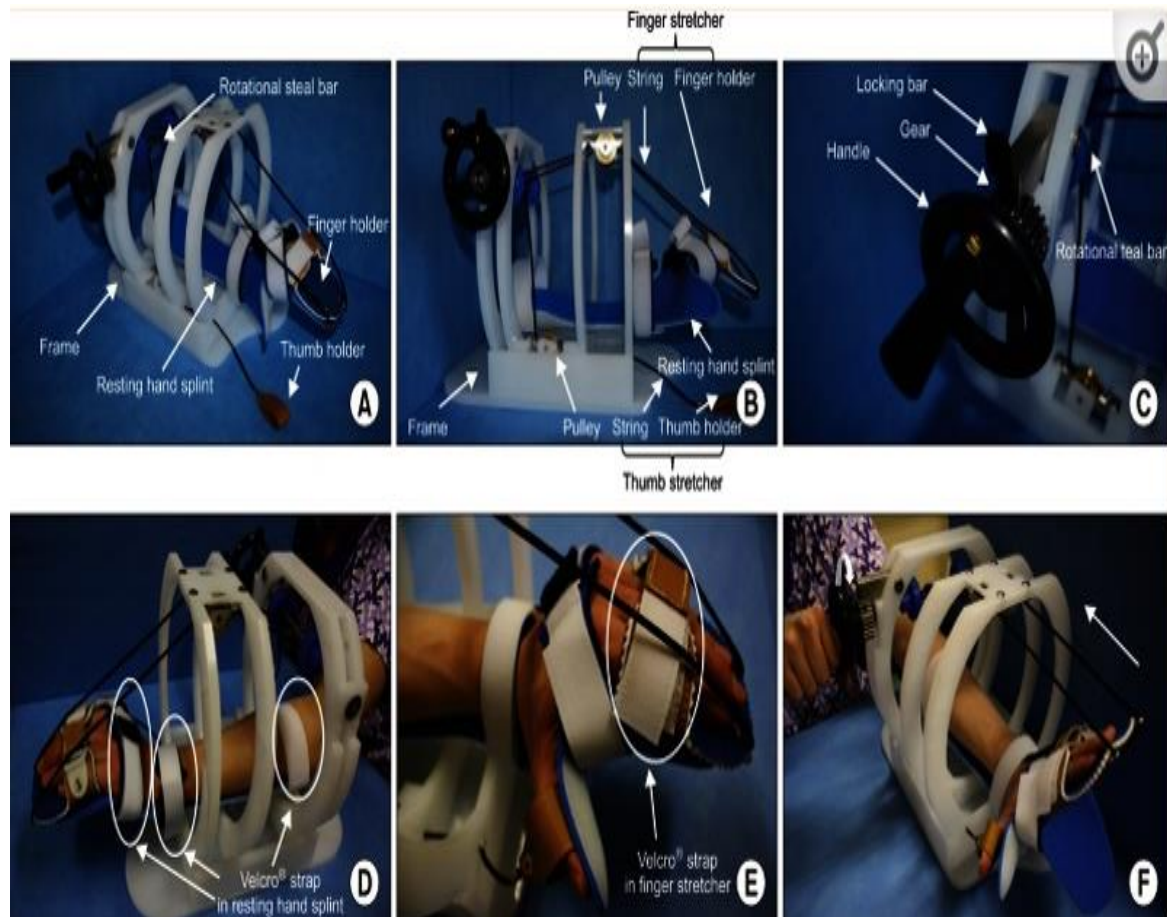


Εικόνα 19: Soft Robotic Πρόσθετο Μέλος 2

2.4 Παρόμοιες μελέτες

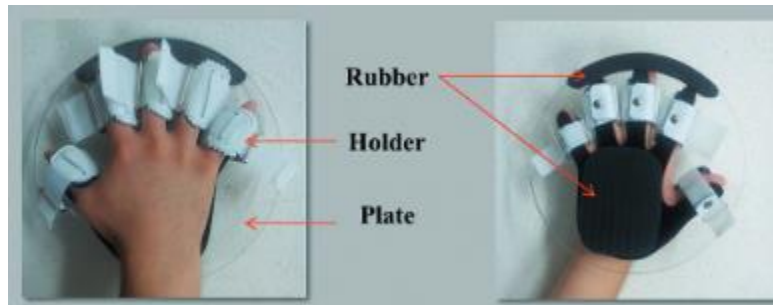
Το 2011, οι Triandafilou M, Jose Ochoa, Xuan Kang και Heidi Fisher συνέκριναν την επίδραση της παρατεταμένης διάτασης και της επαναλαμβανόμενης διάτασης με τη χρήση ηλεκτροκίνητης ορθοστάσεως γαντιών σε ασθενείς με χρόνιο εγκεφαλικό επεισόδιο και διαπίστωσαν ότι η επαναλαμβανόμενη διάταση ήταν πιο αποτελεσματική από την παρατεταμένη διάταση όσον αφορά τη λειτουργία του χεριού μετά από μία συνεδρία (30 λεπτά) αντίστοιχα. (Jung, Yong Jae, et al, 2011)

Το 2013, η ίδια ερευνητική ομάδα αναβάθμισε την προαναφερθείσα συσκευή διάτασης και διεξήγαγε το πρόγραμμα διάτασης (1 συνεδρία [10 λεπτά]: διατήρηση της διάτασης, 2 συνεδρίες/ημέρα και 7 ημέρες/εβδομάδα) για 4 εβδομάδες. Διαπίστωσαν ότι η σπαστικότητα του προσβεβλημένου χεριού μειώθηκε σε ασθενείς με πλήρη αδυναμία του χεριού και σοβαρή σπαστικότητα και η σπαστικότητα και η κινητική λειτουργία του προσβεβλημένου χεριού και του καρπού βελτιώθηκαν σε ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο με ατελή αδυναμία του χεριού και σοβαρή σπαστικότητα, αντίστοιχα. (Eun Hyuk, et al, 2013)



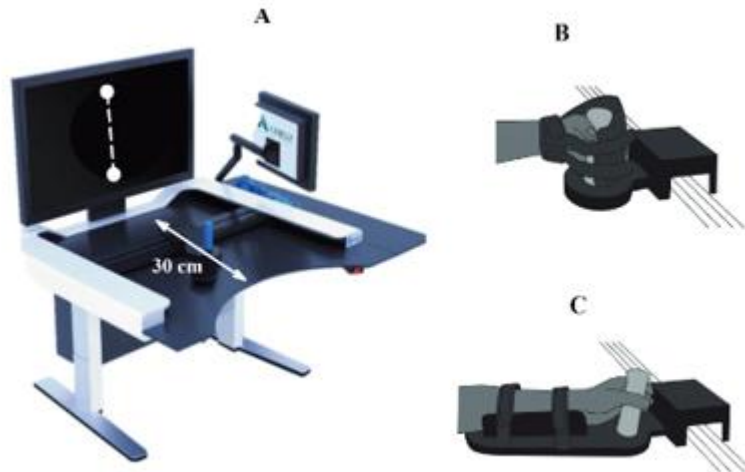
Εικόνα 20: Παρόμοια Μελέτη 1

Σε μία μελέτη όπου έγινε από τους Woo H. JANG, Hyuk C. KWON, Kyong J. YOO και Sung H. JANG σε συνεργασία με δύο πανεπιστήμια της Κορέας το 2016, διερευνήθηκε η επίδραση μιας συσκευής στατικής διάταξης στην σπαστικότητα και την κινητική λειτουργία του καρπού και του χεριού για τέσσερις εβδομάδες σε ασθενείς με χρόνιο ημιπληγικό εγκεφαλικό επεισόδιο. Με τη χρήση της συσκευής διάταξης για τέσσερις εβδομάδες, οι ημιπληγικοί ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο πέτυχαν ανακούφιση από τη σπαστικότητα και λειτουργική αποκατάσταση του καρπού και του χεριού χωρίς σημαντική κινητική αποκατάσταση. Επιπλέον, επιβεβαιώθηκε ότι η συμμόρφωση και η ασφάλεια αυτής της συσκευής διάταξης ήταν καλές, επειδή όλα τα άτομα ολοκλήρωσαν το πρόγραμμα διάταξης χωρίς προβλήματα.



Εικόνα 21: Παρόμοια Μελέτη 2

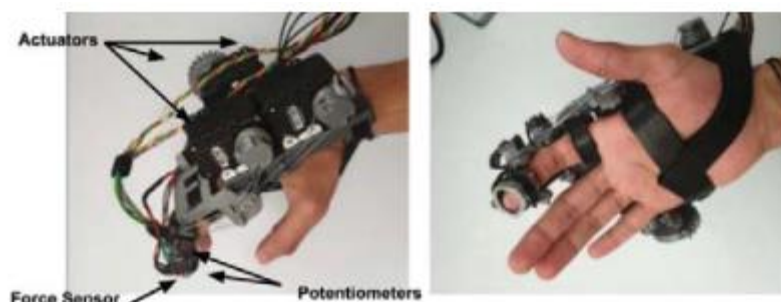
Σε μελέτη του 2017 συμμετείχαν 12 ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο ηλικίας > 18 ετών. Το REAplan είναι ένα ρομπότ με απομακρυσμένο τελικό φορέα που επιτρέπει κινήσεις του άνω άκρου με κινητοποίηση του χεριού στο οριζόντιο επίπεδο. Οι κινήσεις του REAplan μπορούν να επιτευχθούν με διαφορετικούς τρόπους. Μια οθόνη τοποθετείται μπροστά από τον ασθενή για να του παρέχει οπτική ανατροφοδότηση της κινητοποίησής του. Το ρομπότ είναι εξοπλισμένο με αισθητήρες δύναμης και αισθητήρες θέσης για την καταγραφή της θέσης της λαβής και της δύναμης που ασκείται στη λαβή με την πάροδο του χρόνου. Η θέση των ασθενών ήταν τυποποιημένη και εργονομική. Κάθονταν σε μια καρέκλα με τη γωνία μεταξύ του κορμού και των γοφών να διατηρείται στις 120° για να μειωθεί η καταπόνηση της μέσης. Όταν ήταν απαραίτητο, μπορούσαν να στηρίζουν τα πόδια τους σε ένα υποπόδιο για να εξασφαλίσουν μεγαλύτερη σταθερότητα. Ο κορμός του ασθενούς ήταν δεμένος στην πλάτη της καρέκλας για τον περιορισμό των αντισταθμιστικών κινήσεων. Ο άνω τελικός φορέας τοποθετήθηκε μπροστά από τον εξεταζόμενο. Ανάλογα με την ικανότητά του, κάθε ασθενής είχε το χέρι του/της συνδεδεμένο με γάντι στον άνω τελικό φορέα ή το αντιβράχιο του/της στερεωμένο σε μια υδρορροή για να αυξηθεί η σταθερότητα του καρπού και του αντιβραχίου. Η μελέτη αυτή πρότεινε ένα νέο πρωτόκολλο για την ποσοτικοποίηση της σπαστικότητας των άνω άκρων με τη μέτρηση του συνολικού RF των άνω άκρων με τη χρήση του REAplan. Αυτό το πρωτόκολλο θα πρέπει να συμπεριληφθεί σε προγράμματα αποκατάστασης με τη βοήθεια ρομπότ, προκειμένου να προσαρμόζονται συνεχώς οι ασκήσεις στην απόδοση του ασθενούς. (Dehem, Stéphanie, et al, 2017)



Εικόνα 22: Παρόμοια Μελέτη 3

Σε θεωρητική έρευνα που έγινε το 2019 (Salazar, Ana Paula, et al, 2017), διαπιστώθηκε ότι η στατική διάταξη με ορθώσεις τοποθέτησης είναι αποτελεσματική για τη μείωση της σπαστικότητας των καμπτηρών του καρπού σε σύγκριση με τη μη θεραπεία σε άτομα στη χρόνια φάση μετά το εγκεφαλικό επεισόδιο. Επιπλέον, βρέθηκε ασάφεια στο ότι η στατική διάταξη με απλή τοποθέτηση, σε συνδυασμό με συμβατική φυσιοθεραπεία, δεν είναι καλύτερη από τη συμβατική φυσιοθεραπεία για την πρόληψη της απώλειας της κινητικότητας των άνω άκρων (εξωτερική περιστροφή και κάμψη του ώμου και κάμψη του καρπού) σε άτομα σε οξεία/υποξεία φάση του εγκεφαλικού επεισοδίου.

Το 2020, από την έρευνα 5 ερευνητών, αναπτύχθηκε μια συσκευή γαντιού η οποία βασίζεται στην διάταξη του άκρου για την ενίσχυση της ευκαμψίας και στην επαναλαμβανόμενη εκτέλεση αυτής της κίνησης για τη βελτίωση της ελαστικότητας.



Εικόνα 23: Παρόμοια Μελέτη 4

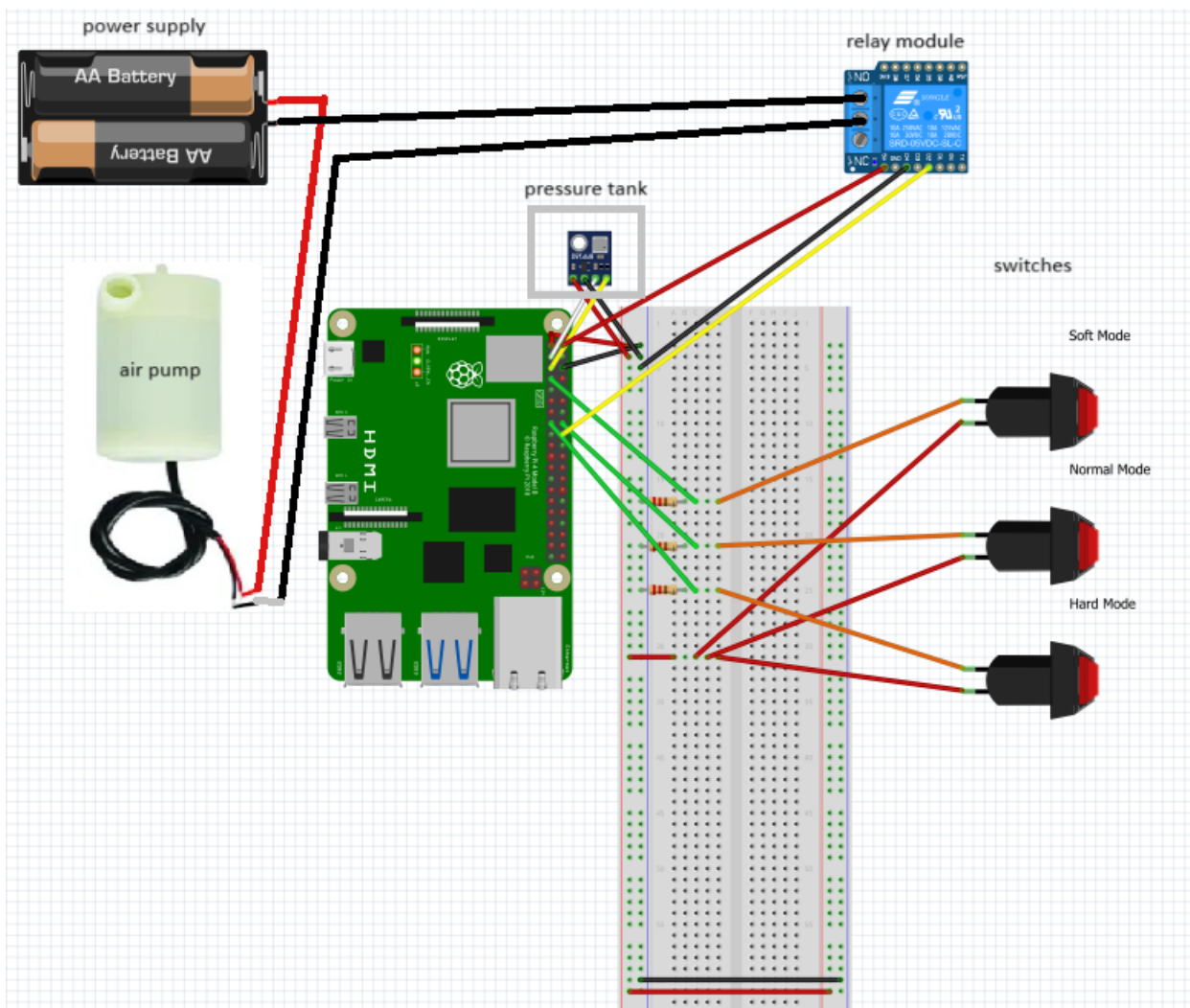
Επιπλέον, μαζί με την συσκευή, αναπτύχθηκε και ένα περιβάλλον για την αλληλεπίδραση ασθενή και ιατρικού προσώπου όπου υπήρχαν κατάλληλα δεδομένα για την πορεία του ασθενή. Αποτελέσματα της έρευνας αυτής ήταν πως μια τέτοια συσκευή θα παρείχε αντικειμενική μέθοδο αξιολόγησης των αλλαγών στην σπαστικότητα μετά την θεραπεία που έλαβε ο ασθενής. Η εφαρμογή για κινητά επικοινωνεί μεταξύ του συστήματος, των ασθενών και των παροχών υγειονομικής περίθαλψης (Erden, Mustafa Suphi, et al, 2020)

Τη χρονιά του 2024, οι Mohamed A. Massoud, Gehan A. Mahmoud, Ali W. Y και Wael Abouelwafa Ahmed, δημιούργησαν ένα σύστημα για την σπαστικότητα του χεριού μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο[17]. Βασίστηκαν σε τέσσερις μονάδες όπως γάντια βιομετρικής μέτρησης, γάντια αποκατάστασης, κάμερα μονάδα τηλεπικοινωνιών και έναν υπολογιστή. Τα γάντια βιομετρικής μέτρησης με αισθητήρες μετρούν τα χαρακτηριστικά του ασθενούς. Οι είσοδοι δεδομένων περιλαμβάνουν βιομετρικές μετρήσεις και εικόνες που λαμβάνονται με κάμερα. Τα προγράμματα υπολογιστών αποτελούνται από ένα βιομετρικό πρόγραμμα για την κλινική μονάδα και ένα πρόγραμμα CNN, συγκεκριμένα της αρχιτεκτονικής ResNet50. Η μονάδα τηλεπικοινωνιών διευκολύνει την επικοινωνία μεταξύ της μονάδας υπολογιστή και των γαντιών αποκατάστασης, του τμήματος γιατρών και του τμήματος ασθενών.

3

Hardware που χρησιμοποιήθηκε

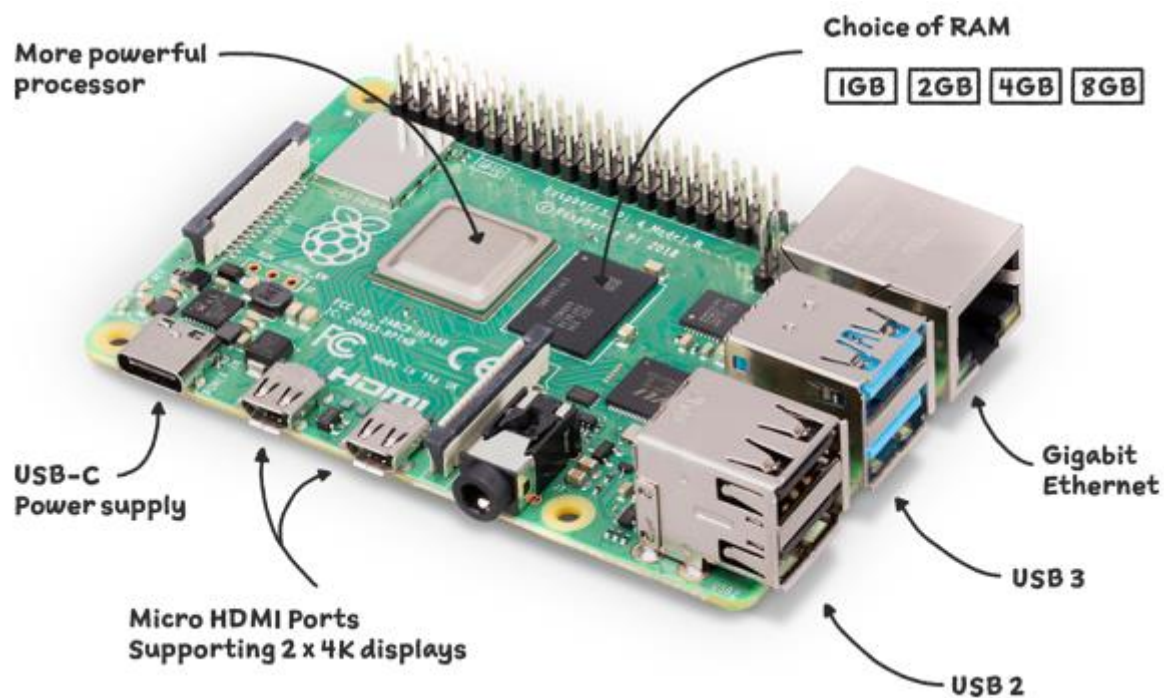
Στο παρόν κεφάλαιο θα αναλυθεί το hardware που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή της συσκευής καταπολέμησης σπαστικότητας στα άκρα του χεριού. Η συσκευή αυτή βασίζεται σε έναν συνδυασμό εξειδικευμένων εξαρτημάτων, όπως το **Raspberry Pi 4 Model B** για τον έλεγχο και την επεξεργασία των δεδομένων, και ένα σύνολο ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, όπως το **breadboard** για την εύκολη συνδεσιμότητα, το **relay 2 channels** για τη διαχείριση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, και τον **αισθητήρα πίεσης BMP180** για την παρακολούθηση της πίεσης που υπάρχει στο πέρας της χρήσης της συσκευής. Επιπλέον, η χρήση **σωληναρίων σιλικόνης**, μιας **αντλίας αέρα** και ενός **μπαλονιού υψηλής αντοχής** θα επιτρέψει την πρακτική εφαρμογή της πίεσης που απαιτείται για την ανακούφιση των συμπτωμάτων σπαστικότητας.



Εικόνα 24: Ηλεκτρονικό Σχήμα Κατασκευής

3.1 Raspberry pi 4 Model B 4GB RAM

Το Raspberry Pi 4 Model B με 4GB RAM αποτελεί τον κεντρικό υπολογιστή του συστήματος και είναι μια ισχυρή πλατφόρμα για την ανάπτυξη ενσωματωμένων συστημάτων και εφαρμογών. Εξοπλισμένο με έναν τετραπύρηνο επεξεργαστή ARM Cortex-A72 στα 1.5GHz, το Raspberry Pi 4 παρέχει επαρκή υπολογιστική ισχύ για την επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, τη διαχείριση πολλαπλών εισόδων και εξόδων, καθώς και την εκτέλεση πολύπλοκων αλγορίθμων που απαιτούνται τυχόν projects.



Εικόνα 25: Raspberry Pi 4 Schematic

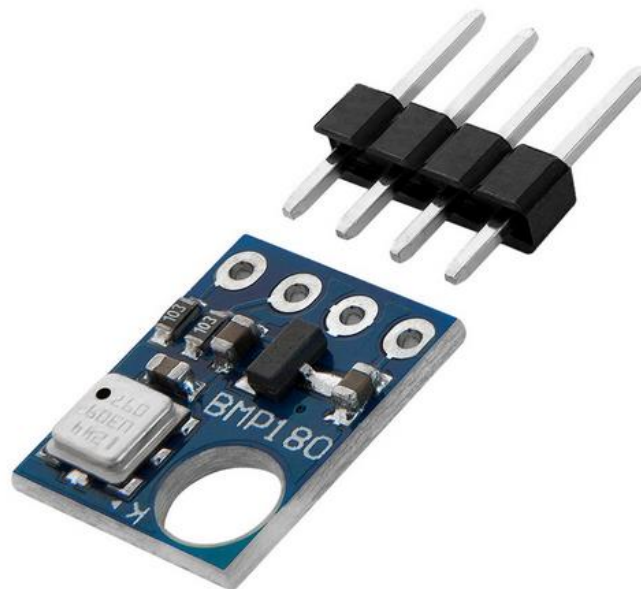
Η έκδοση με 4GB RAM προσφέρει αρκετή μνήμη ώστε να μπορεί το σύστημα να διαχειρίζεται εφαρμογές που απαιτούν μεγάλο όγκο δεδομένων, όπως προγράμματα ανάλυσης σημάτων ή διεπαφές χρήστη. Η μεγάλη μνήμη επιτρέπει την εκτέλεση πολλαπλών διεργασιών ταυτόχρονα χωρίς προβλήματα καθυστερήσεων, γεγονός που είναι κρίσιμο για τη συνεχή και αξιόπιστη λειτουργία της συσκευής.

Το Raspberry Pi 4 διαθέτει επίσης πλούσια συνδεσιμότητα, με θύρες USB 3.0 και USB 2.0, καθώς και θύρες HDMI για σύνδεση σε οθόνες, κάτι που επιτρέπει την άμεση παρακολούθηση και αλληλεπίδραση με το σύστημα. Οι δυνατότητες δικτύωσης μέσω Ethernet και Wi-Fi καθιστούν δυνατή την απομακρυσμένη διαχείριση και παρακολούθηση της συσκευής, διευκολύνοντας την αποστολή δεδομένων ή την ενημέρωση λογισμικού.

Επιπλέον, το Raspberry Pi 4 υποστηρίζει ποικίλες διεπαφές I/O, όπως GPIO, I2C, SPI και UART, επιτρέποντας τη σύνδεση με πληθώρα αισθητήρων και περιφερειακών συσκευών, όπως το relay και ο αισθητήρας ρεύματος. Αυτές οι δυνατότητες καθιστούν το Raspberry Pi 4 την ιδανική επιλογή για την ανάπτυξη και υλοποίηση του συστήματος, εξασφαλίζοντας τόσο την επεκτασιμότητα όσο και την ευελιξία στην προσθήκη νέων λειτουργιών στο μέλλον.

3.2 *BMP180 Digital Barometric Pressure Sensor*

Ο αισθητήρας **BMP180** είναι ένας ψηφιακός αισθητήρας ατμοσφαιρικής πίεσης που χρησιμοποιείται ευρέως για τη μέτρηση της βαρομετρικής πίεσης και την εκτίμηση του υψομέτρου. Παράλληλα, διαθέτει και δυνατότητες μέτρησης της θερμοκρασίας, καθιστώντας τον έναν πολυλειτουργικό αισθητήρα για διάφορες εφαρμογές.



Εικόνα 26: BMP180 Schematic

Ο αισθητήρας **BMP180** θα χρησιμοποιηθεί για να παρακολουθεί την πίεση μέσα στο μπαλόνι, με στόχο τον ακριβή έλεγχο της λειτουργίας της αντλίας αέρα. Η δυνατότητα του αισθητήρα να μετρά με ακρίβεια την πίεση επιτρέπει στο σύστημα να γνωρίζει πότε η πίεση στο μπαλόνι έχει φτάσει στο επιθυμητό επίπεδο, ώστε να σταματήσει η αντλία και να αποτραπεί η υπερβολική πίεση. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την ασφαλή και αποτελεσματική εκγύμναση του ασθενή, καθώς μια υπερβολικά φουσκωμένη συσκευή μπορεί να προκαλέσει δυσφορία ή ακόμα και τραυματισμό.

Η σύνδεση του BMP180 με ένα μικροελεγκτή, όπως το **Raspberry Pi**, γίνεται εύκολα μέσω του διαύλου **I2C**, που είναι ένα κοινό πρωτόκολλο επικοινωνίας. Ο αισθητήρας αυτός απαιτεί πολύ λίγες εξωτερικές συνδέσεις, κάτι που απλοποιεί την ενσωμάτωσή του σε διάφορα συστήματα.

3.3 Relay Module – 2 Channel 12V



Εικόνα 27: Relay Module-2 Channel

Το Relay Module - 2 Channel 12V θα λειτουργήσει σε συνεργασία με τον αισθητήρα πίεσης για να ελέγχει τη ρευματοδότηση της αντλίας αέρα, εξασφαλίζοντας ότι η αντλία ενεργοποιείται ή απενεργοποιείται με βάση τις μετρήσεις πίεσης.

Η διαδικασία λειτουργεί ως εξής: Ο αισθητήρας πίεσης μετρά την πίεση σε πραγματικό χρόνο και στέλνει ένα αναλογικό σήμα στο Raspberry Pi. Το Raspberry Pi αναλύει αυτήν την πληροφορία και, αν η πίεση βρίσκεται κάτω από τα προκαθορισμένα όρια, στέλνει ένα ψηφιακό σήμα στο relay για να ενεργοποιήσει την παροχή ρεύματος στην αντλία αέρα. Η αντλία αέρα θα αρχίσει να λειτουργεί για να αυξήσει την πίεση στο επιθυμητό επίπεδο.

Όταν η πίεση φτάσει στο προκαθορισμένο ανώτερο όριο, το Raspberry Pi στέλνει ξανά ένα ψηφιακό σήμα στο relay για να διακόψει την παροχή ρεύματος, απενεργοποιώντας την αντλία αέρα και αποτρέποντας την υπερβολική αύξηση της πίεσης. Αν η πίεση ξαναπέσει κάτω από το όριο, η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

Αυτός ο συνδυασμός εξασφαλίζει την ασφαλή και αυτόματη λειτουργία της αντλίας αέρα, διατηρώντας την πίεση εντός των επιθυμητών επιπέδων, ενώ παράλληλα προστατεύει το σύστημα από υπερβολική πίεση ή καταπόνηση της αντλίας.

3.4 *Mini Air Pump 12V*



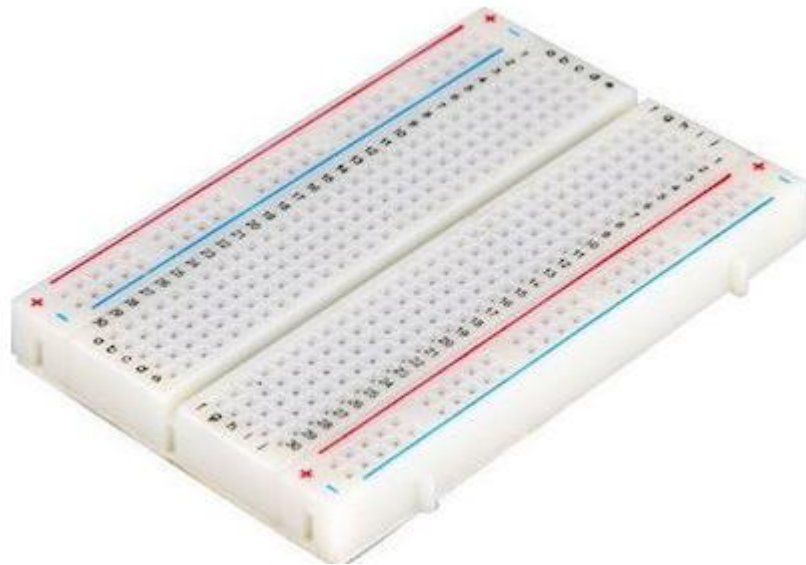
Εικόνα 28: Mini Air Pump

Η Mini Air Pump 12V DC είναι μια μικρή, αλλά ισχυρή αντλία αέρα που λειτουργεί με τάση 12V DC και είναι ιδανική για εφαρμογές όπου απαιτείται η μεταφορά ή η συμπίεση αέρα σε ένα σύστημα. Στη συσκευή καταπολέμησης σπαστικότητας, αυτή η αντλία αέρα παίζει βασικό ρόλο στην εφαρμογή πίεσης μέσω ενός σωλήνα σιλικόνης με κατάληξη στο μπαλόνι υψηλής αντοχής, το οποίο θα βοηθά στην ανακούφιση των συμπτωμάτων σπαστικότητας στο χέρι.

Η αντλία αυτή έχει μικρές διαστάσεις και χαμηλή κατανάλωση ρεύματος, κάνοντάς την κατάλληλη για χρήση σε φορητά συστήματα ή συστήματα με περιορισμένο χώρο. Παρόλο το μικρό της μέγεθος, η αντλία μπορεί να παρέχει αρκετή πίεση αέρα για να επιτύχει την επιθυμητή λειτουργία στη συσκευή σας. Συνδέεται στο κύκλωμα μέσω του Relay Module, το οποίο επιτρέπει την ελεγχόμενη παροχή ρεύματος στην αντλία.

Η χρήση αυτής της αντλίας επιτρέπει την ακριβή ρύθμιση της πίεσης που εφαρμόζεται στο χέρι, ενώ παράλληλα διατηρεί την ενεργειακή απόδοση του συστήματος. Ο συνδυασμός της αντλίας με το σύστημα ελέγχου που βασίζεται στο Raspberry Pi και τον αισθητήρα ρεύματος ACS172, διασφαλίζει ότι η αντλία λειτουργεί με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα, ανταποκρινόμενη στις ανάγκες του χρήστη.

3.5 Breadboard



Εικόνα 29: Breadboard

Το breadboard είναι ένα βασικό εργαλείο για την ανάπτυξη πρωτοτύπων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, καθώς επιτρέπει τη σύνδεση και δοκιμή εξαρτημάτων χωρίς την ανάγκη συγκόλλησης. Αποτελείται από ένα πλέγμα οπών, οι οποίες είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους εσωτερικά σε συγκεκριμένα μοτίβα, επιτρέποντας την εύκολη τοποθέτηση και σύνδεση εξαρτημάτων όπως αντιστάσεις, πυκνωτές, τρανζίστορ, και καλώδια.

Στη συσκευή καταπολέμησης σπαστικότητας, το breadboard θα χρησιμοποιηθεί για τη σύνδεση και δοκιμή των διαφόρων ηλεκτρονικών εξαρτημάτων που αποτελούν το κύκλωμα ελέγχου. Αυτά περιλαμβάνουν το Raspberry Pi 4, το Relay Module, τον αισθητήρα ρεύματος ACS172, καθώς και την αντλία αέρα και τα 3 buttons.

Η χρήση του breadboard προσφέρει ευελιξία κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του συστήματος, επιτρέποντας γρήγορες αλλαγές και δοκιμές χωρίς την ανάγκη μόνιμων συνδέσεων. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο όταν γίνονται πειράματα με τη λειτουργικότητα του κυκλώματος ή όταν χρειάζεται να δοκιμαστούν διάφορες διατάξεις και συνδέσεις πριν αποφασιστεί η τελική υλοποίηση.

Επιπλέον, το breadboard μπορεί να συνδεθεί απευθείας με τα GPIO pins του Raspberry Pi, διευκολύνοντας τη διαδικασία της ενσωμάτωσης των εξαρτημάτων στο σύστημα και επιτρέποντας την άμεση μεταφορά των σημάτων ελέγχου και των δεδομένων μεταξύ των εξαρτημάτων.

3.6 Σωληνάκια σιλικόνης



Εικόνα 30: Σωληνάκια Σιλικόνης

Τα σωληνάκια σιλικόνης είναι πολύτιμα στοιχεία για την κατασκευή της συσκευής καταπολέμησης σπαστικότητας, λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους που τα καθιστούν ιδανικά για τη μεταφορά αέρα από την αντλία αέρος προς το μπαλόνι υψηλής αντοχής.

3.7 Μπαλόνι υψηλής αντοχής

Ένα μπαλόνι υψηλής αντοχής είναι κρίσιμο για τη λειτουργία της συσκευής καταπολέμησης σπαστικότητας, καθώς πρέπει να αντέχει τις πιέσεις που εφαρμόζονται μέσω της αντλίας αέρα και του χεριού του ασθενή χωρίς να υποστεί βλάβες. Τα μπαλόνια αυτού του τύπου συνήθως κατασκευάζονται από υλικά όπως φυσικό λάτεξ ή συνθετικά πολυμερή, όπως το νεοπρένιο ή το βουλκανισμένο λάτεξ, τα οποία προσφέρουν αυξημένη αντοχή στην πίεση και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Είναι σημαντικό το μπαλόνι να έχει σχεδιαστεί για να αντέχει υψηλές πιέσεις χωρίς να σκάσει. Γι' αυτόν τον λόγο, η μέγιστη πίεση που μπορεί να αντέξει το μπαλόνι πρέπει να είναι επαρκώς γνωστή και να τηρούνται οι προδιαγραφές ασφαλείας κατά τη χρήση. Το μέγεθος του μπαλονιού πρέπει να ταιριάζει με τις απαιτήσεις της εφαρμογής, ενώ το σχήμα του μπορεί να επηρεάσει την κατανομή της πίεσης και την αποτελεσματικότητα της συσκευής.

Στη συσκευή καταπολέμησης σπαστικότητας, το μπαλόνι χρησιμοποιείται για την εφαρμογή πίεσης στο χέρι, με στόχο την ανακούφιση των συμπτωμάτων σπαστικότητας. Η αντλία αέρα στέλνει αέρα στο μπαλόνι μέσω των σωληναρίων σιλικόνης, δημιουργώντας την απαραίτητη πίεση.

3.8 Διακόπτες



Εικόνα 31: Διακόπτης

Τέλος, χρησιμοποιήθηκαν τρεις διακόπτες για την επιλογή του mode που θέλει ο κάθε χρήστης να λειτουργήσει την συσκευή. Σε επόμενο κεφάλαιο θα γίνει επεξήγηση των τριών modes που συμπεριλήφθηκαν στον προγραμματισμό της συσκευής καταπολέμησης σπαστικότητας.

4

Software που χρησιμοποιήθηκε

4.1 Raspbian

Το Raspbian είναι ένα λειτουργικό σύστημα βασισμένο στη διανομή Debian του Linux και έχει σχεδιαστεί ειδικά για το Raspberry Pi. Το Raspbian αξιοποιεί την ευελιξία και τη σταθερότητα του Debian, προσαρμόζοντάς το στην αρχιτεκτονική ARM που χρησιμοποιούν οι συσκευές Raspberry Pi, καθιστώντας το ιδανικό για εκπαίδευση και πειραματισμό σε περιβάλλοντα με περιορισμένους πόρους.



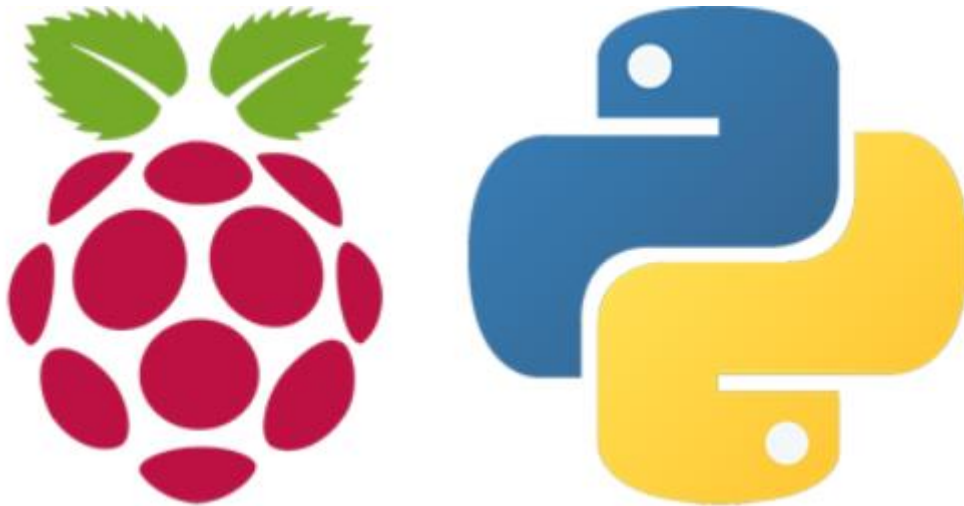
Εικόνα 32: Raspbian

Το Raspbian είναι ελαφρύ και βελτιστοποιημένο για αποδοτική χρήση σε συστήματα με χαμηλή επεξεργαστική ισχύ και μνήμη. Παρέχει στους χρήστες την επιλογή να λειτουργήσουν είτε με γραφικό περιβάλλον (GUI) είτε μέσω γραμμής εντολών (CLI), προσφέροντας ευελιξία στη χρήση ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη ή του έργου. Το γραφικό περιβάλλον εργασίας του, που βασίζεται στο LXDE, είναι αρκετά ελαφρύ ώστε να λειτουργεί άνετα ακόμη και σε παλαιότερες εκδόσεις του Raspberry Pi, ενώ ταυτόχρονα διατηρεί τη λειτουργικότητα που χρειάζονται οι χρήστες για καθημερινές εργασίες.

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του Raspbian είναι το προεγκατεστημένο λογισμικό του, το οποίο περιλαμβάνει εκπαιδευτικά και προγραμματιστικά εργαλεία. Προσφέρει άμεση πρόσβαση σε γλώσσες προγραμματισμού όπως η Python και το Scratch, καθώς και εργαλεία όπως ο Chromium browser για την περιήγηση στο διαδίκτυο. Επιπλέον, περιλαμβάνει βασικά εργαλεία για την ανάπτυξη και τον προγραμματισμό, καθιστώντας το ιδανικό για αρχάριους αλλά και πιο έμπειρους χρήστες που επιθυμούν να πειραματιστούν με προγραμματισμό και ανάπτυξη εφαρμογών.

Το Raspbian, με τον εκπαιδευτικό του προσανατολισμό, έχει ως στόχο να υποστηρίξει την εκμάθηση των υπολογιστικών συστημάτων και του προγραμματισμού, κυρίως για αρχάριους. Το σύστημα ανανεώνεται τακτικά για να ενσωματώνει νέες δυνατότητες, βελτιώσεις και υποστήριξη για τις νεότερες εκδόσεις του Raspberry Pi, διατηρώντας το επίκαιρο και χρήσιμο εργαλείο τόσο για εκπαιδευτικούς όσο και για δημιουργούς.

4.2 Python



Εικόνα 33: Raspberry Pi & Python Logos

Η Python είναι μια από τις πιο δημοφιλείς και ευρέως χρησιμοποιούμενες γλώσσες προγραμματισμού, γνωστή για την απλότητα και την ευκολία στη μάθηση. Λόγω της ευέλικτης σύνταξης και της μεγάλης ποικιλίας διαθέσιμων βιβλιοθηκών, η Python χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς, όπως η ανάπτυξη εφαρμογών, η επιστήμη δεδομένων, ο αυτοματισμός και ο προγραμματισμός μικροελεγκτών. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της Python είναι η μεγάλη κοινότητα χρηστών και προγραμματιστών, η οποία συμβάλλει στη συνεχή ανάπτυξη της γλώσσας και των εργαλείων που τη συνοδεύουν.

Στην περίπτωση του Raspberry Pi, η Python παίζει πρωταγωνιστικό ρόλο στην αλληλεπίδραση με τις διάφορες εισόδους και εξόδους του συστήματος, καθώς και με διάφορους αισθητήρες και εξωτερικά περιφερειακά. Μερικές σημαντικές βιβλιοθήκες που διευκολύνουν αυτό τον προγραμματισμό είναι οι RPi.GPIO και bmp180, οι οποίες επιτρέπουν τον έλεγχο και την επικοινωνία με εξαρτήματα μέσω του πρωτοκόλλου I2C.

4.3 Πρωτόκολλο I2C

Το I2C (Inter-Integrated Circuit) είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα πρωτόκολλα επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται σε μικροελεγκτές και συσκευές όπως το Raspberry Pi. Το I2C είναι ένα πρωτόκολλο σειριακής επικοινωνίας που επιτρέπει τη σύνδεση και επικοινωνία μεταξύ πολλαπλών

συσκευών, χρησιμοποιώντας μόνο δύο καλώδια: το **SDA** (Data Line) και το **SCL** (Clock Line). Το I2C χρησιμοποιείται συνήθως για τη σύνδεση αισθητήρων, οθονών και άλλων περιφερειακών στο Raspberry Pi, διευκολύνοντας την αποστολή και λήψη δεδομένων από πολλές συσκευές ταυτόχρονα, χωρίς την ανάγκη περίπλοκων καλωδιώσεων.

Το Raspberry Pi παρέχει ενσωματωμένη υποστήριξη για το I2C, επιτρέποντας την εύκολη επικοινωνία με εξαρτήματα που χρησιμοποιούν αυτό το πρωτόκολλο. Μέσω της Python και κατάλληλων βιβλιοθηκών όπως η `smbus`, οι χρήστες μπορούν να διαβάζουν και να γράφουν δεδομένα σε συσκευές I2C, όπως αισθητήρες θερμοκρασίας, πίεσης, και πολλά άλλα.

4.4 Adafruit-BMP

Η Adafruit-BMP είναι μια βιβλιοθήκη που αναπτύχθηκε από την εταιρεία Adafruit και χρησιμοποιείται για την αλληλεπίδραση με τον αισθητήρα BMP180 μέσω Python. Ο BMP180 είναι ένας δημοφιλής αισθητήρας ατμοσφαιρικής πίεσης και θερμοκρασίας, που χρησιμοποιείται ευρέως σε έργα μέτρησης περιβαλλοντικών παραμέτρων. Ο αισθητήρας αυτός μπορεί να μετρήσει την ατμοσφαιρική πίεση με ακρίβεια και να παρέχει επιπλέον υπολογισμούς για το υψόμετρο, κάτι που τον καθιστά χρήσιμο σε εφαρμογές όπως μετεωρολογικοί σταθμοί, drone και συστήματα IoT.

4.5 RPi.GPIO

Η βιβλιοθήκη RPi.GPIO είναι ένα από τα πιο βασικά εργαλεία για τον έλεγχο των GPIO ακίδων του Raspberry Pi μέσω της Python. Οι ακίδες GPIO επιτρέπουν τη σύνδεση του Raspberry Pi με διάφορους εξωτερικούς αισθητήρες, συσκευές και συστήματα αυτοματισμού. Με τη χρήση της RPi.GPIO, ο χρήστης μπορεί να προγραμματίσει τις ακίδες για να λειτουργούν είτε ως είσοδοι είτε ως έξοδοι, ενεργοποιώντας LED, μοτέρ ή λαμβάνοντας δεδομένα από αισθητήρες. Αυτή η βιβλιοθήκη είναι εύκολη στη χρήση, καθώς παρέχει απλές μεθόδους για να ορίσετε τη λειτουργία των ακίδων, να διαβάσετε ή να γράψετε δεδομένα και να διαχειριστείτε παλμούς για πιο προηγμένες εφαρμογές.

4.6 Visual Studio Code



Εικόνα 34: Visual Studio Code

Το Visual Studio Code (VS Code) είναι ένας ελαφρύς αλλά ισχυρός επεξεργαστής κώδικα, που αναπτύχθηκε από τη Microsoft. Είναι ένα από τα πιο δημοφιλή εργαλεία για προγραμματιστές λόγω της ευελιξίας και της εκτεταμένης λειτουργικότητάς του. Παρόλο που είναι ελαφρύ, το VS Code προσφέρει δυνατότητες που συνήθως συναντάμε σε ολοκληρωμένα περιβάλλοντα ανάπτυξης (IDEs), όπως υποστήριξη για πολλαπλές γλώσσες προγραμματισμού, debugging, και ενσωματωμένα εργαλεία διαχείρισης πηγαίου κώδικα.

4.7 *RealVNC Viewer*



Εικόνα 35: Real VNC Viewer

Το RealVNC Viewer είναι ένα ισχυρό εργαλείο απομακρυσμένης πρόσβασης που επιτρέπει τη διαχείριση και τον έλεγχο συστημάτων από απόσταση, προσφέροντας στους χρήστες τη δυνατότητα να αλληλοεπιδρούν με άλλες συσκευές μέσω του πρωτοκόλλου VNC. Η εφαρμογή αυτή διατίθεται σε πολλές πλατφόρμες, όπως Windows, macOS, Linux, καθώς και φορητές συσκευές, διευκολύνοντας την ευέλικτη πρόσβαση σε απομακρυσμένα συστήματα από οποιαδήποτε συσκευή. Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματά του είναι η απλότητα στη χρήση, καθώς η σύνδεση σε έναν απομακρυσμένο υπολογιστή γίνεται εύκολα και γρήγορα, ακόμη και από χρήστες χωρίς ιδιαίτερες τεχνικές γνώσεις. Επιπλέον, το RealVNC Viewer ενσωματώνει προηγμένες λειτουργίες ασφάλειας, όπως κρυπτογράφηση δεδομένων, για να διασφαλίζεται η προστασία των συνδέσεων και των δεδομένων που διακινούνται. Συνολικά, το RealVNC Viewer αποτελεί μια εξαιρετική λύση για απομακρυσμένη διαχείριση συστημάτων, καθιστώντας το ιδανικό για την επίβλεψη και τον έλεγχο συσκευών, όπως το Raspberry Pi, χωρίς την ανάγκη φυσικής παρουσίας μπροστά στη συσκευή.

5

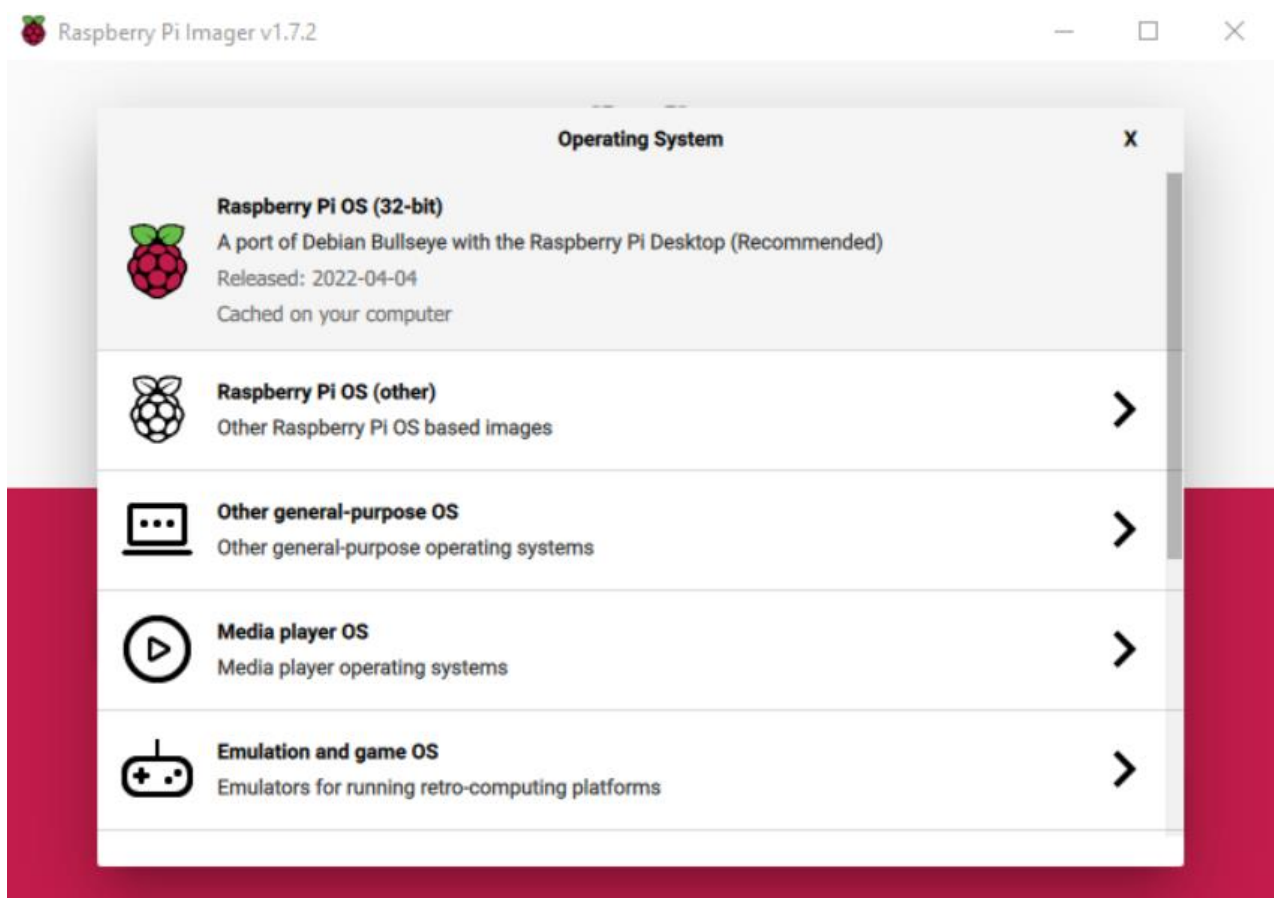
Συνδεσμολογία και βηματική

επεξήγηση κατασκευής

5.1 Προετοιμασία του Raspberry Pi 4 Model B

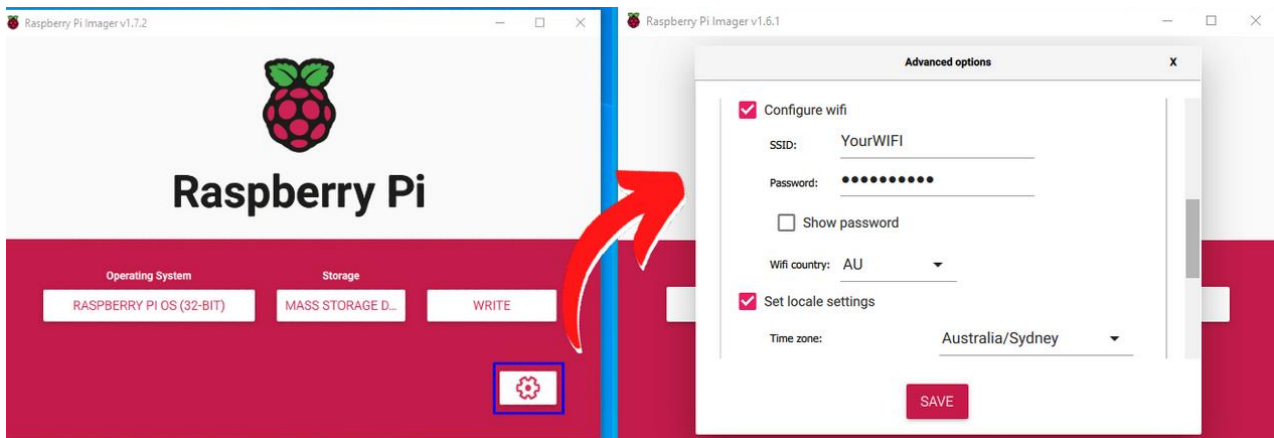
Αρχικά, τοποθέτησα το Raspberry Pi 4 σε μια σταθερή επιφάνεια, συνδέοντας το σε παροχή ρεύματος μέσω του τροφοδοτικού 5V/3A.

Στη συνέχεια, εγκατέστησα το λειτουργικό σύστημα (Raspberry Pi OS) μέσω του Raspberry Pi Imager και ρύθμισα τις βασικές παραμέτρους, όπως το SSH για απομακρυσμένη πρόσβαση και την

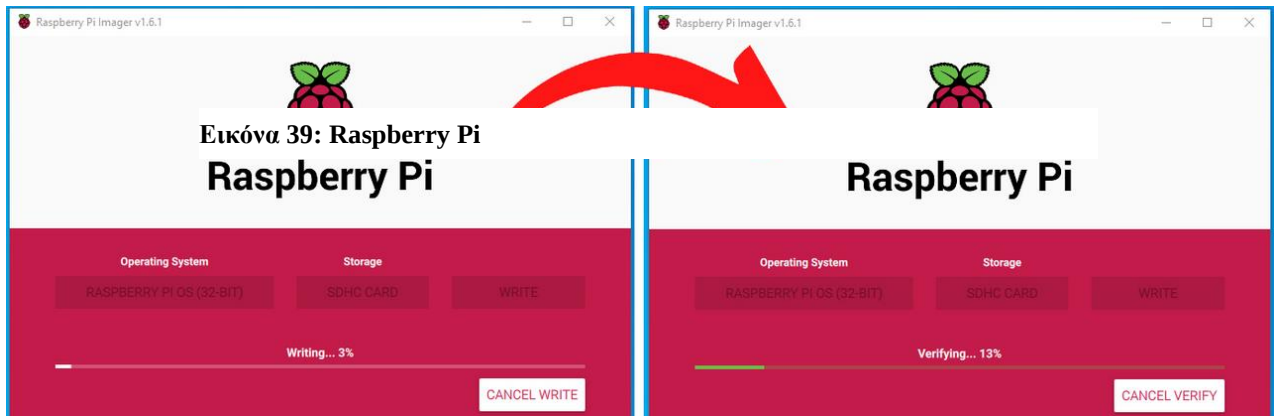


Εικόνα 36: Εγγραφή Raspberry Pi OS 1

σύνδεση στο δίκτυο του χώρου όπου προγραμματίστηκε και δημιουργήθηκε η κατασκευή.



Εικόνα 37: Εγγραφή Raspberry Pi OS 2



Εικόνα 38: Εγγραφή Raspberry Pi OS 3



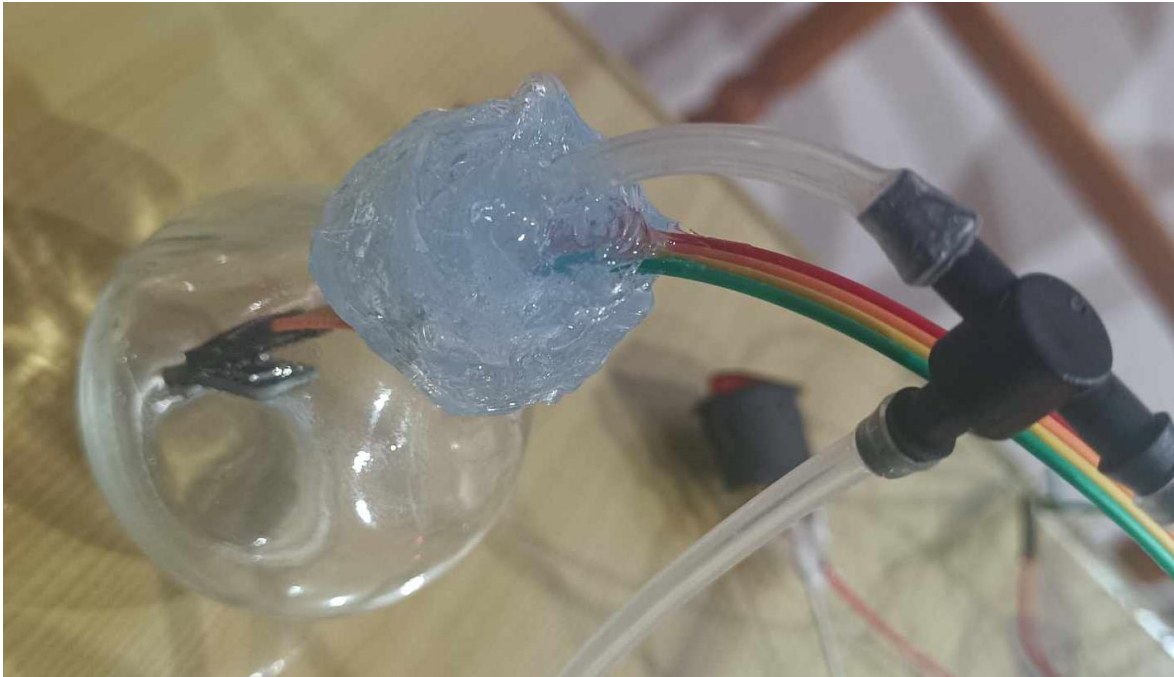
5.2 Σύνδεση του Αισθητήρα Πίεσης BMP180

Ο αισθητήρας BMP180 τοποθετήθηκε μέσα σε αεροστεγώς κλειστό δοχείο για να αποφεύγονται διαρροές αέρα και να εξασφαλίζεται ακριβής μέτρηση της πίεσης.

Από την άκρη ενός σωληνάριου που οδηγεί στο δοχείο, ο αισθητήρας λαμβάνει δεδομένα για την πίεση που υπάρχει στο εσωτερικό του συστήματος.



Εικόνα 40: Pressure Tank with BMP180 1



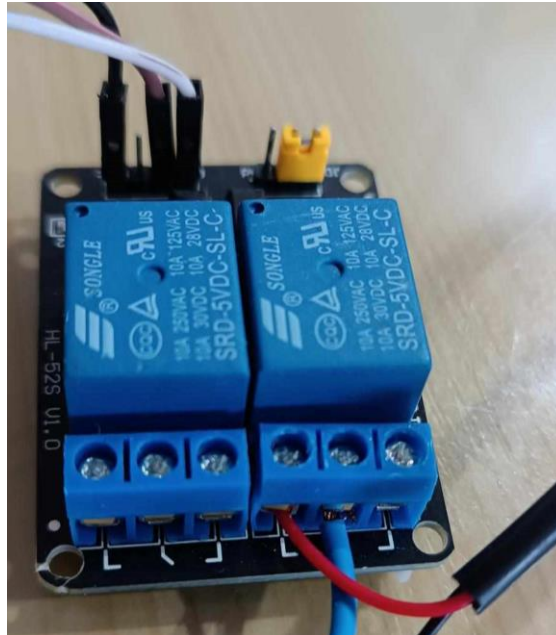
Εικόνα 41: Pressure Tank with BMP180 2

Ο αισθητήρας συνδέθηκε με το Raspberry Pi μέσω του πρωτοκόλλου I2C ως εξής:

- Το VCC (3.3V) του BMP180 συνδέθηκε στο pin 1 του Raspberry Pi (3.3V).
- Το GND του BMP180 συνδέθηκε στο pin 6 του Raspberry Pi (GND).
- Το SCL του BMP180 συνδέθηκε στο pin 5 (GPIO 3, SCL).
- Το SDA του BMP180 συνδέθηκε στο pin 3 (GPIO 2, SDA).

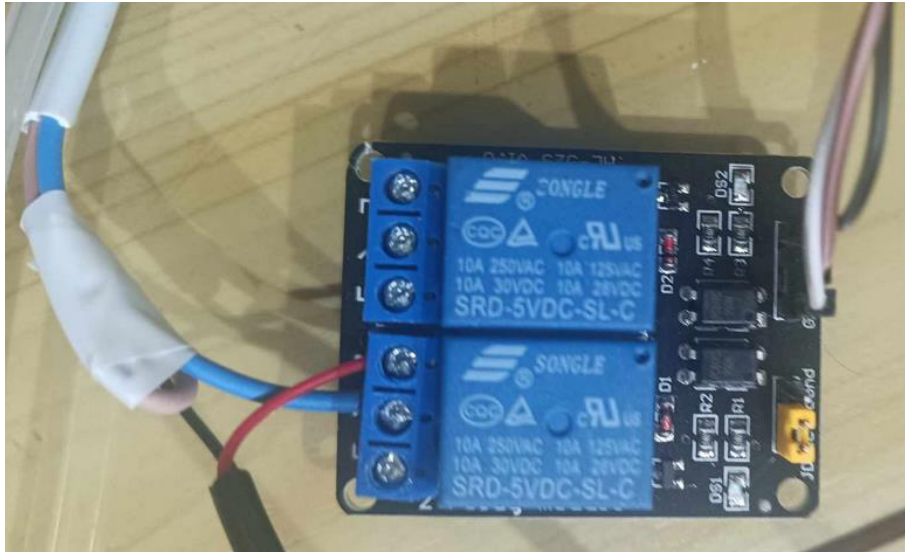
5.3 Σύνδεση του *Relay Module*

Το relay module χρησιμοποιήθηκε για την ενεργοποίηση και απενεργοποίηση της αντλίας αέρα.



Εικόνα 42: Relay Module1

- Το IN pin του relay συνδέθηκε με ένα ψηφιακό GPIO pin του Raspberry Pi (GPIO 17).
- Το GND του relay συνδέθηκε στο GND του Raspberry Pi.
- Το VCC του relay συνδέθηκε στο pin 2 του Raspberry Pi (5V).
- Στην πλευρά του relay που διαχειρίζεται την ισχύ της αντλίας, συνδέθηκε η αντλία αέρα στο NO (Normally Open) pin και το κοινό pin (COM).



Εικόνα 43: Relay Module 2

5.4 Σύνδεση της Αντλίας Αέρα

- Η αντλία αέρα συνδέθηκε μέσω του relay module και ελέγχεται από το Raspberry Pi, ανάλογα με τις μετρήσεις πίεσης και την κατάσταση των mode.
- Το ρεύμα για την αντλία τροφοδοτείται από εξωτερική πηγή μέσω του relay, ενώ το Raspberry Pi ελέγχει πότε θα ενεργοποιηθεί ή θα απενεργοποιηθεί η αντλία.



Εικόνα 44: Mini Air Pump

Η πλευρά της αντλίας αέρος με το σωληνάκι, καταλήγει στο μπαλόνι όπου χρησιμοποιήθηκε για την εκγύμναση του χεριού του ασθενή, ενώ η πλευρά με τα καλώδια καταλήγει στο relay module.

5.5 Σύνδεση Σωληναρίων και Αντάπτορα

Τα σωληνάκια συνδέθηκαν σε έναν αντάπτορα με τρεις εξόδους:



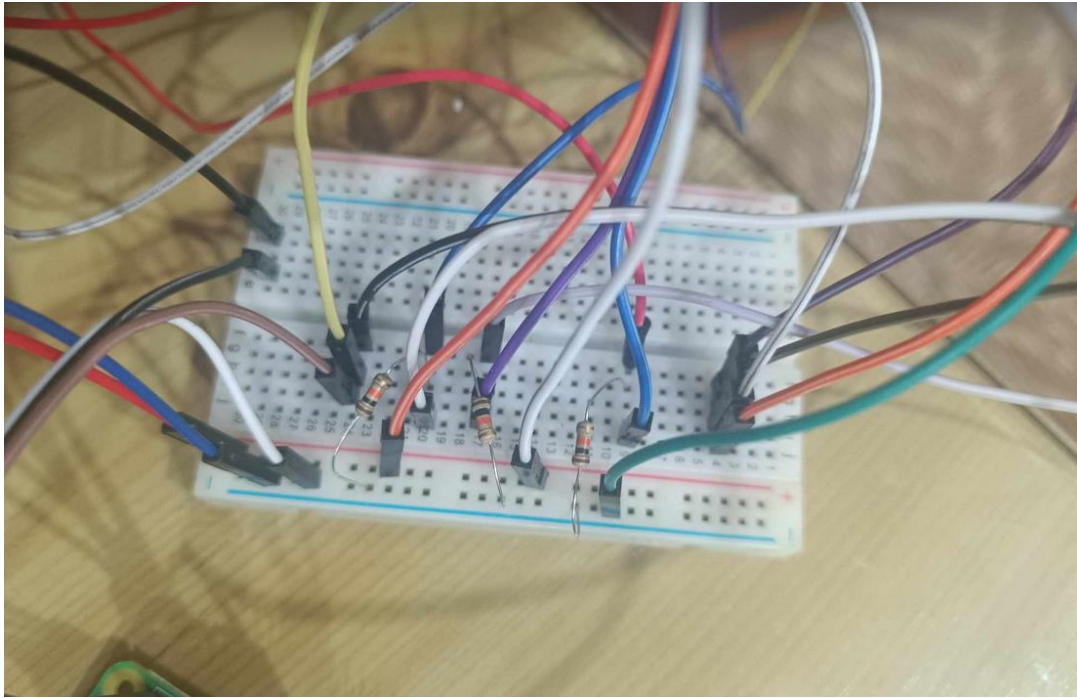
Εικόνα 45: Αντάπτορας με 3 Εξόδους

- Μία έξοδος συνδέθηκε με το δοχείο που περιέχει τον αισθητήρα BMP180 για τη μέτρηση της πίεσης.
- Μία έξοδος συνδέθηκε με την αντλία αέρα για την παροχή και έλεγχο της πίεσης.
- Μία έξοδος συνδέθηκε με ένα μπαλόνι που φουσκώνει για τη γυμναστική του χεριού, επιτρέποντας την εφαρμογή της πίεσης για θεραπευτικούς σκοπούς.

5.6 Ρύθμιση των Mode (Soft, Normal, Hard)

Προστέθηκαν τρία κουμπιά στην κατασκευή, καθένα για ένα από τα τρία mode (Soft, Normal, Hard), τα οποία συνδέθηκαν σε GPIO pins του Raspberry Pi.

Για τη σωστή λειτουργία των κουμπιών, χρησιμοποιήθηκαν **pull-up αντιστάσεις** για να αποτρέπεται η αστάθεια του σήματος όταν τα κουμπιά δεν πατιούνται. Οι αντιστάσεις συνδέθηκαν μεταξύ των GPIO pins και της τάσης 3.3V, ώστε να διατηρείται το σήμα σε υψηλή κατάσταση (λογικό 1) μέχρι να πατηθεί το κουμπί, το οποίο το φέρνει σε χαμηλή κατάσταση (λογικό 0).



Εικόνα 46: Breadboard

Παραπάνω φαίνονται οι αντιστάσεις συνδεδεμένες στο breadboard και στα buttons.



Εικόνα 47: Διακόπτες

Τα κουμπιά προγραμματίστηκαν ώστε να καθορίζουν την πίεση που εφαρμόζει η αντλία αέρα:

- **Soft mode** για χαμηλή πίεση.
- **Normal mode** για μεσαία πίεση.
- **Hard mode** για υψηλή πίεση.

5.7 Σύνδεση

Το breadboard χρησιμοποιήθηκε για την εύκολη και ασφαλή σύνδεση όλων των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων. Σε αυτό τοποθετήθηκαν τα καλώδια που συνδέουν το Raspberry Pi, τον αισθητήρα BMP180, το relay module και τα κουμπιά για την επιλογή των mode. Το breadboard βοήθησε στην αποφυγή συγκολλήσεων, επιτρέποντας ταυτόχρονα την τακτοποίηση των κυκλωμάτων με ασφάλεια και αξιοπιστία.

- Η **τροφοδοσία 3.3V** από το Raspberry Pi χρησιμοποιήθηκε για τον αισθητήρα BMP180, ενώ η **τροφοδοσία 5V** χρησιμοποιήθηκε για το relay module.
- Τα **GND pin** όλων των εξαρτημάτων συνδέθηκαν στο ίδιο σημείο γείωσης του breadboard, διασφαλίζοντας σωστή λειτουργία του κυκλώματος.
- Τα κουμπιά για την επιλογή των mode συνδέθηκαν σε κατάλληλες θέσεις στο breadboard και κατόπιν στα GPIO pins του Raspberry Pi, εξασφαλίζοντας την εύκολη πρόσβαση και χρήση τους.

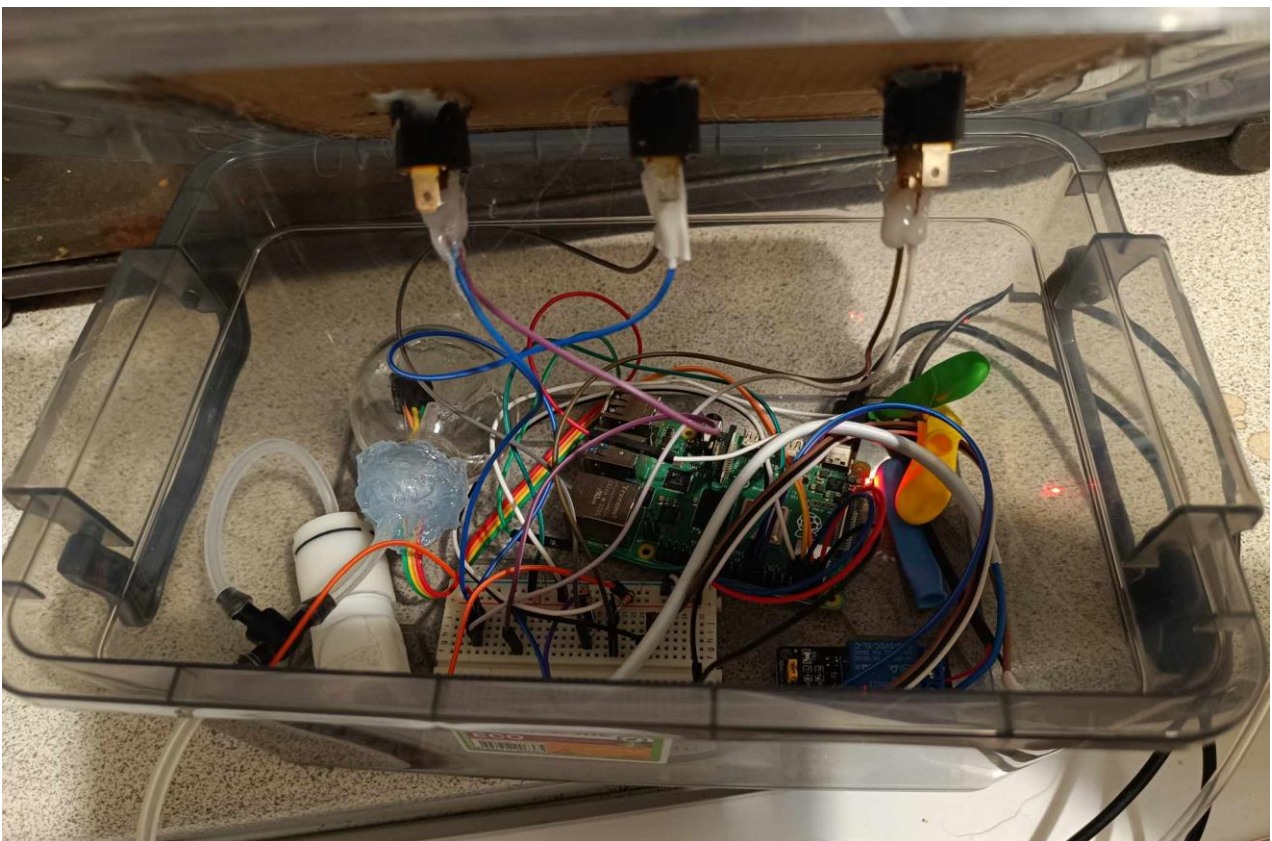
Το breadboard συνέβαλε στην ευκολία σύνδεσης και δοκιμών του συστήματος, επιτρέποντας τροποποιήσεις και βελτιώσεις χωρίς να απαιτείται μόνιμη εγκατάσταση των κυκλωμάτων.



Εικόνα 48: Ολοκλήρωση Κατασκευής 1



Εικόνα 49: Ολοκλήρωση Κατασκευής 2



Εικόνα 50: Ολοκλήρωση Κατασκευής 3

6

Προγραμματισμός

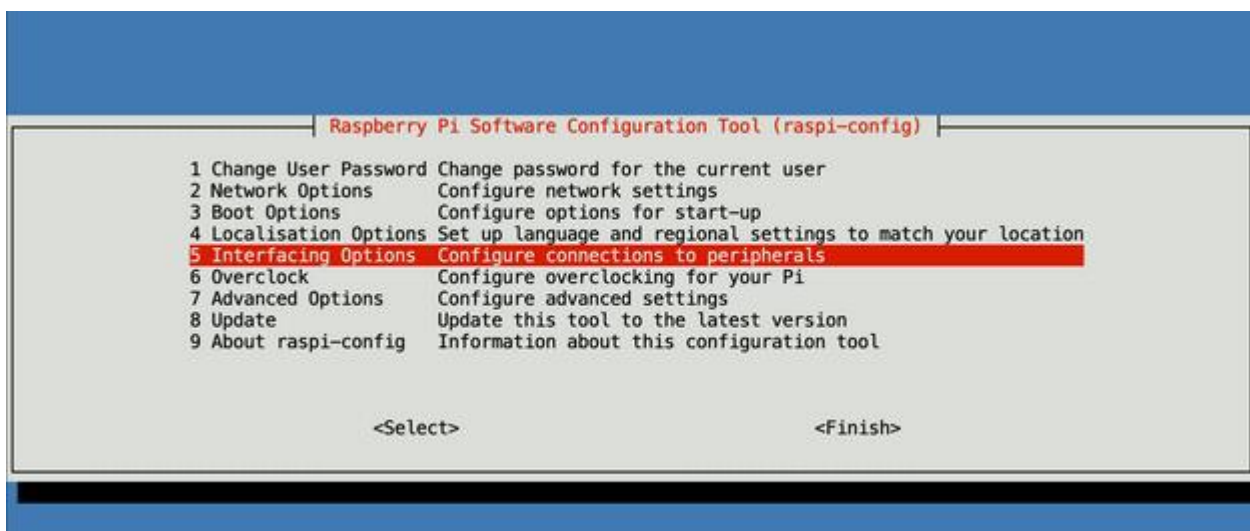
Ο προγραμματισμός και η διαμόρφωση του Raspberry Pi ξεκίνησε με την εγκατάσταση του λειτουργικού συστήματος Raspberry Pi OS στην κάρτα SD, η οποία χρησιμοποιήθηκε ως το κύριο μέσο αποθήκευσης του συστήματος. Αρχικά, το λειτουργικό σύστημα εγγράφηκε στην κάρτα SD μέσω του εργαλείου εγγραφής εικόνων **Raspberry Pi Imager**. Μεσώ του εργαλείου αυτού, το Raspberry θα είναι ήδη συνδεδεμένο στο οικιακό δίκτυο που θα ολοκληρωθεί και το Project και έχει ήδη ενεργοποιημένο το SSH πρωτόκολλο για να μπορεί κανείς να συνδεθεί με αυτό.

6.1 Απαραίτητα Πρωτόκολλα Επικοινωνίας

Στη συνέχεια, το Raspberry Pi ενεργοποιήθηκε και η πρώτη εκκίνηση πραγματοποιήθηκε με τις απαραίτητες ρυθμίσεις. Η **SSH** σύνδεση ενεργοποιήθηκε για απομακρυσμένη διαχείριση και πρόσβαση, επιτρέποντας τη διαχείριση του συστήματος χωρίς την ανάγκη φυσικής πρόσβασης σε οθόνη ή πληκτρολόγιο. Με την εντολή **ssh@(ip address)**, όπου ip address είναι η διεύθυνση που έχει πάρει το raspberry από το router του δικτύου, θα ζητηθεί ο κωδικός που δημιουργήθηκε κατά την εγγραφή του λειτουργικού συστήματος και θα γίνει established το connection από το laptop προς το raspberry.

Μετά την ενεργοποίηση της **SSH** σύνδεσης, εγκαταστάθηκε και ενεργοποιήθηκε το **VNC server** στο Raspberry Pi, επιτρέποντας τη χρήση γραφικού περιβάλλοντος από τον υπολογιστή μου μέσω του **RealVNC Viewer**.

Συγκεκριμένα, μέσω της εκτέλεσης της εντολής **sudo raspi-config**, δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να ενεργοποιήσει διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας που διαθέτει το Raspberry Pi.



Εικόνα 51: Raspi -config 1

Όπως φαίνεται παραπάνω, επιλέχθηκε η 5^η επιλογή στο cmd και στο επόμενο στιγμιότυπο θα φανούν τα 3 βασικά πρωτόκολλα επικοινωνίας που θα χρειαστεί να ενεργοποιηθούν για την σωστή και επιτυχημένη επικοινωνία από το Raspberry προς το laptop.

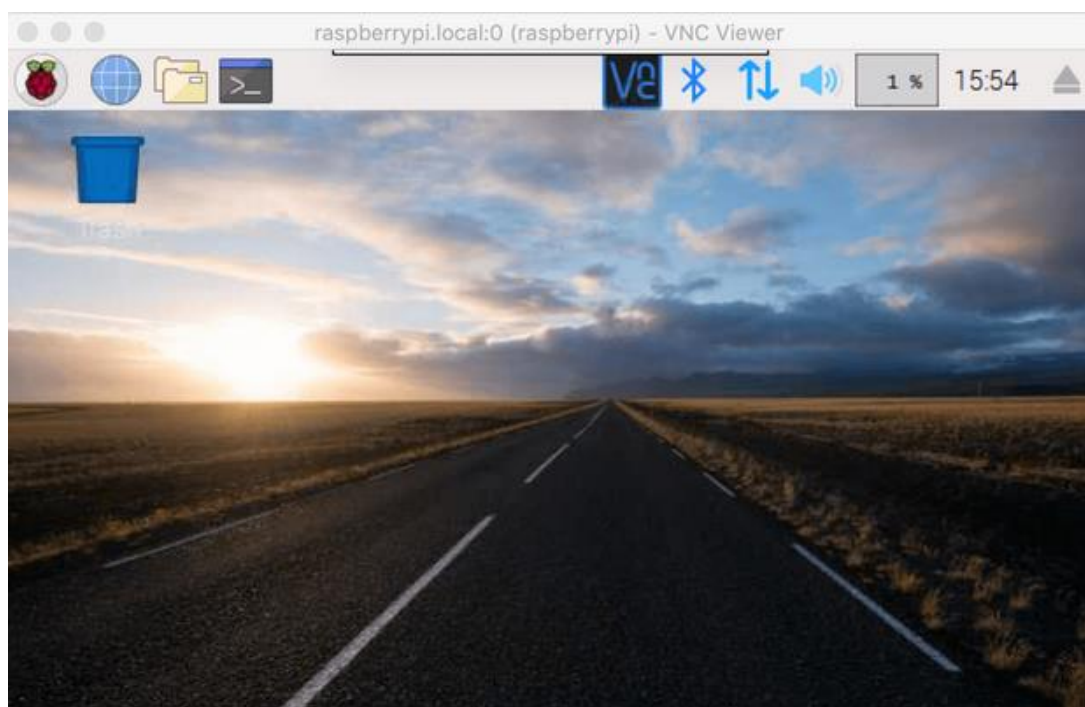


Εικόνα 52: Raspi -config 2

Θα χρειαστεί να ενεργοποιηθούν τα **I2C** και **Remote GPIO**.

*Αφού τα ενεργοποιήσουμε, απαραίτητα ενέργεια είναι η επανεκκίνηση του Raspberry Pi.

Αυτή η ρύθμιση επέτρεψε την απομακρυσμένη πρόσβαση στην επιφάνεια εργασίας του Raspberry Pi από το laptop μου, παρέχοντας πλήρη διαχειριστική δυνατότητα στο σύστημα, όπως αν εργαζόμουν απευθείας πάνω του. Μέσω αυτής της σύνδεσης ολοκληρώθηκε το project, επιτρέποντας την ανάπτυξη και την παραμετροποίηση του προγράμματος σε γραφικό περιβάλλον χωρίς να απαιτείται φυσική πρόσβαση στο Raspberry Pi:



Εικόνα 53: Raspberry Pi Desktop

6.2 Απαραίτητες Βιβλιοθήκες

Πριν αρχίσει η συγγραφή του κώδικα, έγινε μια αναζήτηση για τις απαραίτητες βιβλιοθήκες ώστε να μπορεί να λαμβάνει data το Raspberry pi από τον αισθητήρα bmp. Αρχικά εκτελέστηκαν οι εντολές **sudo apt-get update** και **sudo apt-get upgrade** για να γίνουν τυχόν ενημερώσεις χρειαζόταν το Raspberry.

Επόμενο βήμα ήταν να γίνει βέβαιο πως μετά την συνδεσμολογία, το Raspberry Pi βλέπει τον αισθητήρα, και αυτό έγινε με την εντολή **sudo i2cdetect -y 1**

```

pi@raspberrypi: ~
File Edit Tabs Help
pi@raspberrypi:~$ sudo i2cdetect -y 1
    0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:  -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
10:  -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
20:  -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
30:  -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
40:  -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
50:  -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
60:  -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
70:  -- -- -- -- -- -- -- 77 -- -- -- -- -- -- --
pi@raspberrypi:~$

```

Εικόνα 54: I2Cdetect -y 1

Το παραπάνω στιγμιότυπο μας επιβεβαιώνει πως το i2c είναι ενεργοποιημένο και δείχνει ότι ο BMP180 βρίσκεται στο κανάλι '77'.

Για να διαβάσουμε την έξοδο του αισθητήρα BMP180 μέσω Python, θα χρειαστούμε ορισμένες βιβλιοθήκες. Αυτές οι βιβλιοθήκες αρχικά δημιουργήθηκαν από την Adafruit για τον προκάτοχο του BMP180, το BMP085. Ωστόσο, επειδή τα δύο τσιπ έχουν σχεδιαστεί με τρόπο που διασφαλίζει τη μεταξύ τους συμβατότητα, οι βιβλιοθήκες αυτές λειτουργούν άψογα και με τον BMP180.

Πρώτες εντολές που γράφτηκαν στο cmd του Raspberry ήταν οι

- **sudo apt-get install git build-essential python-dev**
- **python-smbus**

*Το Git είναι προ-εγκατεστημένο στο Raspberry Pi

Και ακολούθησε η εντολή:

- **git clone https://github.com/adafruit/Adafruit_Python_BMP.git**

Η βιβλιοθήκη πρέπει τώρα να μεταγλωττιστεί για να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί. Στο ίδιο παράθυρο τερματικού που χρησιμοποιήθηκε προηγουμένως, εκτελέστηκαν οι παρακάτω εντολές:

- **cd Adafruit_Python_BMP**
- **sudo python setup.py install**

Έτσι, το σύστημα μας είναι έτοιμο για την συγγραφή του κώδικα.

Μέσα στο περιβάλλον που υλοποιήθηκε το software, πρέπει να γίνουν εγκατάσταση μερικές ακόμα βιβλιοθήκες της Python για να μπορεί να γίνει η σωστή συνεργασία του συστήματος.

Έτσι, στο path του project που δουλεύτηκε ο κώδικας, έτρεξαν οι παρακάτω εντολές:

- **pip3 install RPi.GPIO**
- **pip install smbus2**
- **pip install --upgrade Adafruit-GPIO Adafruit-BMP spidev Adafruit-PureIO**
- **pip install Adafruit-GPIO spidev adafruit-pureio**

6.3 Συγγραφή Κώδικα

Στην συνέχεια, επιτεύχθηκε ssh σύνδεση μέσω του περιβάλλοντος **Visual Studio Code**.

Ο κώδικας είναι γραμμένος σε Python και προορίζεται για χρήση σε Raspberry Pi με τη βιβλιοθήκη RPi.GPIO. Η λειτουργία του έχει να κάνει με την αλληλεπίδραση με έναν αισθητήρα πίεσης και μίας αντλίας αέρος, όπου ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει διαφορετικά επίπεδα πίεσης μέσω διακοπών. Ο κώδικας είναι διαμορφωμένος έτσι ώστε να διαβάζει την κατάσταση εισόδου από τρεις διαφορετικούς διακόπτες (soft, medium, hard) και να ρυθμίζει την πίεση ανάλογα, ελέγχοντας παράλληλα τη λειτουργία της αεραντλίας για την εκγύμναση του χεριού του ασθενή.

6.3.1 Αρχικοποίηση και Ορισμός GPIO Pins

Αρχικά, ορίζεται μια μεταβλητή `max_pressure` για την αποθήκευση της μέγιστης επιτρεπόμενης πίεσης. Τα GPIO pins του Raspberry Pi αντιστοιχίζονται σε τρεις διακόπτες για την επιλογή διαφορετικών επιπέδων πίεσης:

Soft (απαλή πίεση) αντιστοιχεί στο pin 4.

Medium (μέτρια πίεση) αντιστοιχεί στο pin 23.

Hard (ισχυρή πίεση) αντιστοιχεί στο pin 22.

Η αντλία ελέγχεται μέσω του pin 24.

6.3.2 Ρύθμιση των GPIO

Ορίζονται τα pins του Raspberry Pi με την εντολή `GPIO.setmode(GPIO.BCM)` ώστε να χρησιμοποιηθεί το Broadcom σχήμα αρίθμησης των GPIO pins. Κατόπιν, τα pins των διακοπών ορίζονται ως είσοδοι, ενώ το pin της αεραντλίας ως έξοδος.

6.3.3 Συνάρτηση Ρύθμισης Δυσκολίας (`__difficulty`)

Η συνάρτηση αυτή διαβάσει την κατάσταση των διακοπών (αν είναι ενεργοποιημένοι) και αναλόγως ρυθμίζει την επιτρεπόμενη μέγιστη πίεση (`max_pressure`):

- Εάν ο διακόπτης "soft" είναι ενεργοποιημένος, η πίεση ρυθμίζεται σε 120065 και η αεραντλία απενεργοποιείται.
- Εάν ο διακόπτης "medium" είναι ενεργοποιημένος, η πίεση ρυθμίζεται σε 130065 και η αεραντλία απενεργοποιείται.
- Εάν ο διακόπτης "hard" είναι ενεργοποιημένος, η πίεση ρυθμίζεται σε 150065.
- Αν δεν είναι ενεργοποιημένος κανένας διακόπτης, η αεραντλία ενεργοποιείται, και η πίεση μηδενίζεται.

6.3.4 Συνάρτηση Ελέγχου Πίεσης (`__check_pressure`)

Αυτή η συνάρτηση προορίζεται για την ανάγνωση της τρέχουσας πίεσης μέσω του αισθητήρα BMP180.

6.3.5 Κύρια Λογική Εκτέλεσης

Μέσα σε ένα άπειρο βρόχο `while`, ο κώδικας συνεχώς καλεί τη συνάρτηση `__difficulty()` για να διαβάσει την κατάσταση των διακοπών και να ορίσει τη μέγιστη πίεση. Η αντλία λειτουργεί μέχρι να γίνει η πίεση του συστήματος ίση με την επιλεγμένη πίεση που έχει το κάθε `mode` εκγύμνασης αντίστοιχα. Τότε, το φουσκωμένο αντικείμενο αρχίζει και ξεφουσκώνει.

6.3.6 Καθαρισμός GPIO

Όταν ο χρήστης τερματίσει το πρόγραμμα, τα GPIO pins καθαρίζονται με την εντολή `GPIO.cleanup()` ώστε να επανέλθουν στην αρχική τους κατάσταση, αποφεύγοντας πιθανά προβλήματα.

Παρακάτω φαίνονται τα κομμάτια του κώδικα που γράφθηκαν για την ολοκλήρωση του συστήματος.

```
import RPi.GPIO as GPIO
import time
import Adafruit_BMP.BMP085 as BMP085

# Initialize max_pressure and flags (for sensor controlling) variable
max_pressure = 0
flag = -1
flag2 = False
sensor = BMP085.BMP085(busnum=1)
```

Εικόνα 55: Κομμάτι Κώδικα 1

```
# Define the GPIO pins and their descriptive names
input_pins = {
    "soft": 4,      # GPIO 4 for "soft"
    "regular": 23,  # GPIO 23 for "regular"
    "hard": 22      # GPIO 22 for "hard"
}

GPIO.setwarnings(False)
air_pump_pin = 24
# Set up the GPIO mode (Broadcom)
GPIO.setmode(GPIO.BCM)

# Set up each pin as an input
for name, pin in input_pins.items():
    GPIO.setup(pin, GPIO.IN)

GPIO.setup(air_pump_pin, GPIO.OUT)
```

Εικόνα 56: Κομμάτι Κώδικα 2

```
def __difficulty():
    global max_pressure # Use the global max_pressure variable

    # Read the state of the input pins
    soft_state = GPIO.input(input_pins["soft"])
    regular_state = GPIO.input(input_pins["regular"])
    hard_state = GPIO.input(input_pins["hard"])

    # Set max_pressure based on which pin is HIGH
    if soft_state == GPIO.HIGH:
        max_pressure = 112142
    elif regular_state == GPIO.HIGH:
        max_pressure = 115142
    elif hard_state == GPIO.HIGH:
        max_pressure = 118142
    else :
        max_pressure = flag #flag to stop the pump

    return max_pressure
```

```
def __check_pressure():
    pressure = sensor.read_pressure()
    return pressure

try:
    while True:
        pressure = __difficulty() # Call the function to check difficulty
        if pressure != flag:
            print(f"Max Pressure: {pressure}")
            GPIO.output(air_pump_pin, GPIO.LOW)
            while __check_pressure() < max_pressure:
                pressure = __difficulty()
                if pressure == flag:
                    max_pressure = -100
                time.sleep(1)
            GPIO.output(air_pump_pin, GPIO.HIGH)
            while( __check_pressure() > max_pressure-2000 and max_pressure != -100):
                time.sleep(1)
        else:
            GPIO.output(air_pump_pin, GPIO.HIGH)

except KeyboardInterrupt:
    print("Exiting the program")

finally:
    # Cleanup GPIO settings
    GPIO.cleanup()
```

Εικόνα 57: Κομμάτι Κώδικα 3

7

Αξιολόγηση Συστήματος

Η αξιολόγηση του συστήματος κατά της σπαστικότητας του χεριού που βασίζεται στη χρήση του Raspberry Pi 4, αντλίας αέρος και αισθητήρα πίεσης είναι καθοριστικής σημασίας για την επιβεβαίωση της λειτουργικότητας, της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητάς του. Μέσω αυτής της διαδικασίας, διασφαλίζεται ότι η συσκευή μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του χρήστη, παρέχοντας την απαραίτητη θεραπευτική παρέμβαση χωρίς να προκαλεί δυσφορία ή ανεπιθύμητες παρενέργειες, όπως τραυματισμός του χεριού.

Η αξιολόγηση του συστήματος πραγματοποιείται με βάση τρεις κύριους άξονες: την τεχνική απόδοση, την ασφάλεια και τη χρηστικότητα. Αρχικά, ελέγχεται η τεχνική λειτουργία των επιμέρους εξαρτημάτων. Η αντλία αέρος και ο αισθητήρας πίεσης δοκιμάζονται μεμονωμένα για να διασφαλιστεί ότι συνεργάζονται αποτελεσματικά υπό τον έλεγχο του Raspberry Pi. Η αεραντλία πρέπει να μπορεί να προσφέρει ακριβή και σταδιακή αύξηση της πίεσης στα σημεία εφαρμογής της συσκευής, ενώ ο αισθητήρας πίεσης πρέπει να παρέχει ακριβή ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο, ώστε το σύστημα να μπορεί να ρυθμίσει την πίεση αυτόματα όταν απαιτείται.

Στο πλαίσιο της ασφάλειας, η αξιολόγηση εστιάζει στην προστασία του χρήστη από πιθανές υπερβολικές πιέσεις ή δυσλειτουργίες της συσκευής. Η ανάπτυξη του λογισμικού περιλαμβάνει τον προγραμματισμό ανώτατων και κατώτατων ορίων πίεσης, ώστε να αποφεύγεται η υπερβολική ή ανεπαρκής πίεση στο χέρι. Επιπλέον, ενσωματώνονται μηχανισμοί για την άμεση αποσυμπίεση των αεροθαλάμων σε περίπτωση σφάλματος ή διακοπής ρεύματος, εξασφαλίζοντας την ακεραιότητα του χρήστη σε κάθε περίπτωση.

Η χρηστικότητα του συστήματος αξιολογείται μέσα από δοκιμές σε πραγματικές συνθήκες, με στόχο την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η συσκευή μπορεί να χρησιμοποιηθεί άνετα και αποτελεσματικά από τους χρήστες ή τους θεραπευτές. Στο πλαίσιο αυτής της αξιολόγησης, πραγματοποιήθηκαν δοκιμές σε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα ανδρών και γυναικών ηλικίας 18-55 ετών. Οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να χρησιμοποιήσουν τη συσκευή και να παρέχουν ανατροφοδότηση σχετικά με την άνεση, την ευκολία χρήσης και την αντιληπτή αποτελεσματικότητα της θεραπείας. Η ευκολία τοποθέτησης της συσκευής στο χέρι και η απλότητα των ελέγχων μέσω των κουμπιών επιλογής mode αξιολογήθηκαν προσεκτικά. Μέσα από αυτές τις δοκιμές, καταγράφηκαν τυχόν δυσκολίες ή προκλήσεις που αντιμετώπισαν οι χρήστες, με στόχο τη βελτίωση της εργονομίας και της συνολικής εμπειρίας χρήστη.

Τέλος, η αξιολόγηση του συστήματος δεν περιορίζεται μόνο σε τεχνικά χαρακτηριστικά, αλλά επεκτείνεται και σε ζητήματα όπως η ανθεκτικότητα και η αξιοπιστία του εξοπλισμού σε μακροχρόνια χρήση. Με αυτόν τον τρόπο, διασφαλίζεται ότι η συσκευή μπορεί να λειτουργήσει αξιόπιστα σε βάθος χρόνου, προσφέροντας συνεχή υποστήριξη στους χρήστες.

8

Συμπεράσματα και Προτάσεις

Η σπαστικότητα στο χέρι αποτελεί μία από τις πιο σύνθετες προκλήσεις για άτομα που έχουν υποστεί νευρολογικές βλάβες, όπως εγκεφαλικό επεισόδιο, κρανιοεγκεφαλικές κακώσεις ή εγκεφαλική παράλυση. Παρά τη συχνότητά της, δεν υπάρχουν μοναδικά αποτελεσματικοί τρόποι αντιμετώπισης της σπαστικότητας, καθώς οι θεραπείες που προσφέρονται πρέπει να προσαρμόζονται στις ατομικές ανάγκες κάθε ασθενούς. Οι υπάρχουσες μέθοδοι περιλαμβάνουν φυσικοθεραπεία, φαρμακευτική αγωγή, ενέσεις αλλαντικής τοξίνης και, σε πιο σοβαρές περιπτώσεις, χειρουργικές επεμβάσεις. Ωστόσο, καμία από αυτές τις θεραπείες δεν είναι απολύτως αποτελεσματική για όλους τους ασθενείς και η αντιμετώπιση παραμένει μια διαρκής πρόκληση. Σε αυτό το πλαίσιο, οι τεχνολογίες που στοχεύουν στη μείωση της σπαστικότητας μέσω μηχανικής παρέμβασης, όπως το σύστημα που αναπτύχθηκε με τη χρήση Raspberry Pi, αντλίας αέρος και αισθητήρα πίεσης, μπορούν να αποτελέσουν μια σημαντική προσθήκη στο οπλοστάσιο της αποκατάστασης.

Τα αποτελέσματα της ανάπτυξης και δοκιμής του συστήματος έδειξαν ότι η συσκευή είναι ικανή να προσφέρει ελεγχόμενη πίεση, συμβάλλοντας στην προσωρινή χαλάρωση των μυών και τη βελτίωση της κινητικότητας του χεριού. Παρά τα ενθαρρυντικά αποτελέσματα που προέκυψαν από τις δοκιμές, υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης, τόσο σε τεχνικό όσο και σε εργονομικό επίπεδο.

Μία από τις βασικές περιοχές που απαιτούν βελτίωση είναι ο αισθητήρας πίεσης. Αν και το σύστημα παρείχε ικανοποιητικά δεδομένα πίεσης κατά τη διάρκεια των δοκιμών, υπήρξαν περιπτώσεις όπου η ακρίβεια των μετρήσεων δεν ήταν επαρκής για την ακριβή ρύθμιση της πίεσης στους αεροθαλάμους. Η χρήση πιο ευαίσθητων και αξιόπιστων αισθητήρων θα μπορούσε να ενισχύσει την αποτελεσματικότητα της συσκευής, διασφαλίζοντας ότι η πίεση που ασκείται στο χέρι είναι συνεχώς εντός των θεραπευτικών ορίων. Επιπλέον, η βελτίωση της ταχύτητας και της ακρίβειας στην ανατροφοδότηση από τους αισθητήρες θα επιτρέψει καλύτερη απόκριση του συστήματος σε πραγματικό χρόνο, προσαρμόζοντας τη λειτουργία της αντλίας αέρος με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Ένας άλλος τομέας που μπορεί να βελτιωθεί είναι το υλικό που χρησιμοποιείται για τους αεροθαλάμους που φουσκώνουν. Οι αεροθάλαμοι που χρησιμοποιήθηκαν στο πρωτότυπο σύστημα παρείχαν ικανοποιητική υποστήριξη και πίεση στο χέρι, αλλά υπήρξαν παρατηρήσεις σχετικά με την άνεση και την εφαρμογή τους. Η χρήση πιο εργονομικών και εύκαμπτων υλικών θα μπορούσε να αυξήσει την άνεση του χρήστη, ενώ ταυτόχρονα θα επιτρέπει την καλύτερη προσαρμογή της συσκευής σε διαφορετικούς τύπους χεριών. Επιπλέον, η βελτίωση του σχεδιασμού των

αεροθαλάμων μπορεί να οδηγήσει σε πιο ομοιόμορφη κατανομή της πίεσης, μειώνοντας τον κίνδυνο τοπικών σημείων υπερβολικής πίεσης και αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα της θεραπείας.

Πέρα από τις τεχνικές βελτιώσεις, οι προτάσεις για μελλοντική έρευνα και ανάπτυξη περιλαμβάνουν και την επέκταση της λειτουργικότητας του συστήματος. Μια ιδέα που μπορεί να υλοποιηθεί είναι η ενσωμάτωση μηχανισμών καταγραφής δεδομένων για τη μακροχρόνια παρακολούθηση της πίεσης και της προόδου της θεραπείας. Ένα τέτοιο σύστημα θα επιτρέπει στους θεραπευτές να αξιολογούν την αποτελεσματικότητα της θεραπείας με περισσότερη ακρίβεια και να προσαρμόζουν τις ρυθμίσεις της συσκευής με βάση τα δεδομένα που συλλέγονται. Επιπλέον, η ενσωμάτωση δυνατοτήτων τηλεϊατρικής θα επιτρέψει τη χρήση της συσκευής στο σπίτι με απομακρυσμένη παρακολούθηση από θεραπευτές, βελτιώνοντας την προσβασιμότητα της θεραπείας για τους ασθενείς.

Συνοψίζοντας, η σπαστικότητα στο χέρι παραμένει μια δύσκολη κλινική κατάσταση για την οποία δεν υπάρχει μία και μοναδική θεραπευτική προσέγγιση που να είναι αποτελεσματική για όλους τους ασθενείς. Το σύστημα που αναπτύχθηκε αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογική λύση που μπορεί να βελτιώσει τη ζωή των ατόμων με σπαστικότητα. Ωστόσο, με τις κατάλληλες τεχνικές βελτιώσεις στους αισθητήρες και το υλικό, καθώς και με την ενσωμάτωση νέων λειτουργιών, το σύστημα αυτό μπορεί να εξελιχθεί σε ένα ακόμη πιο αποτελεσματικό εργαλείο για την αποκατάσταση και την αντιμετώπιση της σπαστικότητας.

9

Γνωμάτευση Φυσικοθεραπευτή

και Πειράματα

Η αναγνώριση της ρομποτικής κατασκευής από εξειδικευμένους επαγγελματίες, όπως ο φυσικοθεραπευτής Αριστείδης Ηλιάδης, αποτελεί σημαντικό βήμα στην εξέλιξη του έργου. Σύμφωνα με τη γνωμάτευση που έλαβα από τον κ. Ηλιάδη, η κατασκευή μας δείχνει να έχει μεγάλες δυνατότητες στην καταπολέμηση της σπαστικότητας της παλάμης και στην ενδυνάμωσή της. Ο φυσικοθεραπευτής, έχοντας παρακολουθήσει την παρουσίαση της συσκευής στο ιατρείο του, αναγνώρισε την πρωτοτυπία της ιδέας, καθώς και την επιτυχημένη υλοποίηση των τεχνικών πτυχών, όπως τον αλγόριθμο ενδυνάμωσης που ενσωματώνεται στο σύστημα.

Ο κ. Ηλιάδης προτείνει την ενσωμάτωση ενός μεγαλύτερου φουσκωτού αντικειμένου στην κατασκευή, που θα μπορούσε να βελτιώσει περαιτέρω την απόδοση της συσκευής και να την κάνει πιο αποδοτική σε περιπτώσεις αυξημένης σπαστικότητας.

Παρακάτω παραθέτω την γνωμάτευση που έλαβα από τον κύριο Ηλιάδη Αριστείδη

Αγαπητέ Αλκίνοε,

Ελπίζω να είσαι καλά. Θα ήθελα να σε ευχαριστήσω για την παρουσίαση της ρομποτικής κατασκευής σου στο ιατρείο. Η ιδέα σου ήταν πραγματικά ενδιαφέρουσα και ο τρόπος λειτουργίας της κατασκευής έδειξε βαθιά γνώση και εξαιρετική εφαρμογή της τεχνολογίας.

Συγχαρητήρια τόσο για την πρωτοτυπία της ιδέας όσο και για την προσεκτική υλοποίηση που κατάφερες να παρουσιάσεις. Ο αλγόριθμος ενδυνάμωσης που έχεις ενσωματώσει είναι πολύ σωστός και αποδοτικός, αποδεικνύοντας ότι έχεις μελετήσει διεξοδικά τη λειτουργικότητα και τις επιδόσεις του συστήματος.

Θα ήθελα επίσης να σου προτείνω να εξετάσεις τη δυνατότητα να ενσωματώσεις ένα μεγαλύτερο αντικείμενο που φουσκώνει στη λειτουργία της κατασκευής, καθώς πιστεύω ότι θα μπορούσε να επεκτείνει περαιτέρω τις δυνατότητές της και να είναι πιο αποτελεσματικό σε συγκεκριμένες περιπτώσεις.

Καλή επιτυχία στην παρουσίασή σου και καλή συνέχεια σε ότι και αν κάνεις.

Με εκτίμηση,
Αριστείδης Ηλιάδης
Φυσικοθεραπευτής
Τηλ. 2274024183 - 6985611998

Εικόνα 58: Γνωμάτευση από τον κύριο Ηλιάδη Αριστείδη

9.1 Πρώτο Πείραμα δοκιμή της κατασκευής

Έπειτα από την παρουσίαση της συσκευής μου στον κύριο Ηλιάδη, κλήθηκα να πραγματοποιήσω δοκιμές για να βρω το κατάλληλο μέγεθος αντικειμένου, ώστε η κατασκευή να είναι ασφαλέστερη και αποτελεσματικότερη.

Το πρώτο πείραμα έγινε με μικρό μπαλόνι, όπου παρατήρησα ότι, μετά από κάποιες δοκιμές, το μπαλόνι έσκαγε λόγω υπερβολικής πίεσης. Επιπλέον, δεν κατάφερνε να επιτύχει ολική έκταση της παλάμης, γεγονός που καθιστούσε το σύστημα αναποτελεσματικό για τον σκοπό του, καθώς η σπαστικότητα δεν αντιμετωπιζόταν επαρκώς.

Παρακάτω φαίνονται εικόνες του πρώτου πειράματος με την σταδιακή απεικόνιση της ενδυνάμωσης της παλάμης:



Στην δίπλα εικόνα φαίνεται η αρχική κατάσταση του αντικειμένου.

Εικόνα 59: Αρχική κατάσταση πρώτου πειράματος

Και στις δύο παρακάτω η τελική κατάσταση που μπόρεσε να φτάσει το πρώτο δοκιμαστικό αντικείμενο.



Εικόνα 60: Τελική κατάσταση πρώτου πειράματος

9.2 Νέο Πείραμα με Μεγαλύτερο Αντικείμενο που Φουσκώνει

Ακολουθώντας την πρόταση του κ. Ηλιάδη, σχεδίασα και υλοποίησα ένα νέο πείραμα, στο οποίο ενσωμάτωσα ένα μεγαλύτερο φουσκωτό αντικείμενο στην κατασκευή μου. Στόχος μου ήταν να προσφέρω σταθερότερη και πιο ομοιόμορφη πίεση στην παλάμη του ασθενούς, επιτυγχάνοντας καλύτερη κατανομή της δύναμης και πιο αποτελεσματική μείωση της σπαστικότητας.

Το μεγαλύτερο μέγεθος του φουσκωτού αντικειμένου επιτρέπει την κάλυψη μιας μεγαλύτερης επιφάνειας της παλάμης, βελτιώνοντας την αντιμετώπιση των πιο έντονων μυϊκών συσπάσεων. Χρησιμοποιώντας τον ίδιο αλγόριθμο ενδυνάμωσης που είχα ήδη αναπτύξει, η κατασκευή προσαρμόζει τη δύναμη ανάλογα με την ένταση της σπαστικότητας, παρέχοντας ευελιξία και προσαρμογή στις ανάγκες κάθε ασθενούς. Επίσης, το νέο αντικείμενο που φουσκώνει έχει μεγαλύτερη αντοχή στις πιέσεις που δέχεται, κάνοντας την κατασκευή ασφαλέστερη προς τον χρήστη και είναι δυνατή η εξ' ολοκλήρου έκταση των δακτύλων και της παλάμης.

Τα πρώτα αποτελέσματα από τις δοκιμές δείχνουν σημαντική βελτίωση στην απόδοση της κατασκευής. Η χρήση του μεγαλύτερου αντικειμένου φαίνεται να προσφέρει καλύτερη σταθερότητα και αποδοτικότητα, ενισχύοντας την αρχική λειτουργικότητα του συστήματος.

Παρακάτω παραδίδω τις εικόνες του δεύτερου πειράματος.



Εικόνα 62: Αρχική κατάσταση δεύτερου πειράματος



Εικόνα 61: Ενδιάμεση κατάσταση δεύτερου πειράματος



Εικόνα 63: Τελική κατάσταση δεύτερου πειράματος



Τέλος, παραδίδω μια εικόνα για την σύγκριση των τελικών καταστάσεων των δύο πειραμάτων, στα δεξιά φαίνεται η τελική κατάσταση του δεύτερου πειράματος ενώ στα αριστερά του πρώτου πειράματος.



Εικόνα 64: Σύγκριση τελικών καταστάσεων

10

Βιβλιογραφία

- [1] Dietz, Volker, and Thomas Sinkjaer. "Spasticity." *Handbook of clinical neurology* 109 (2012): 197-211.
- [2] Francisco, Gerard E., and John R. McGuire. "Poststroke spasticity management." *Stroke* 43.11 (2012): 3132-3136.
- [3] Χριστοφορίδου Κ., (2012) ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΡΟΜΠΟΤ ΓΙΑ ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΠΕΡΙΗΓΗΣΗ ΣΤΟ ΧΩΡΟ. ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ.
- [4] Τι είναι ρομπότ (Φιλίππου Σ. – Μαυρόπουλος Ν.):
icsdweb.aegean.gr/edurobots/images/iliko/enotita_01_eisagogi_sti_rombotiki/Μαθημα_2/1.2_Τι_είναι_ρομπότ.pdf
- [5] Brogårdh, Torgny. "Present and future robot control development—An industrial perspective." *Annual Reviews in Control* 31.1 (2007): 69-79.
- [6] Shah, Mili, Roger D. Eastman, and Tsai Hong. "An overview of robot-sensor calibration methods for evaluation of perception systems." *Proceedings of the Workshop on Performance Metrics for Intelligent Systems*. 2012.
- [7] Wieckowski, Łukasz, and Krzysztof Klimek. "Development of a hybrid energy storage system for a mobile robot." *2020 International Conference Mechatronic Systems and Materials (MSM)*. IEEE, 2020.
- [8] Campbell, Donald T. "III. "Degrees of freedom" and the case study." *Comparative political studies* 8.2 (1975): 178-193.
- [9] Craig, John J. "Introduction to Robotics." (2005).
- [10] Spong, Mark W., Seth Hutchinson, and Mathukumalli Vidyasagar. *Robot modeling and control*. John Wiley & Sons, 2020.
- [11] Jung, Yong Jae, et al. "The effect of a stretching device on hand spasticity in chronic hemiparetic stroke patients." *NeuroRehabilitation* 29.1 (2011): 53-59.
- [12] Kim, spasticity in chronic hemiparetic stroke patients." *Annals of rehabilitation medicine* 37.2 (2013): 235. Eun Hyuk, et al. "The effect of a hand-stretching device during the management of
- [13] Jang, Woo H., et al. "The effect of a wrist-hand stretching device for spasticity in chronic hemiparetic stroke patients." *Eur J Phys Rehabil Med* 52.1 (2016): 65-71.
- [14] Dehem, Stéphanie, et al. "Assessment of upper limb spasticity in stroke patients using the robotic device REAplan." *Journal of Rehabilitation Medicine* 49.7 (2017): 565-571.

- [15] Salazar, Ana Paula, et al. "Effectiveness of static stretching positioning on post-stroke upper-limb spasticity and mobility: Systematic review with meta-analysis." *Annals of physical and rehabilitation medicine* 62.4 (2019): 274-282.
- [16] Erden, Mustafa Suphi, et al. "Hand exoskeleton to assess hand spasticity." *2020 8th IEEE RAS/EMBS International Conference for Biomedical Robotics and Biomechatronics (BioRob)*. IEEE, 2020.
- [17] Massoud, Mohamed Ahmed, et al. "Revolutionizing Stroke Rehabilitation: Dynamic Glove-Based Rehabilitation System Empowered by CNN for Spastic Hands." *International Journal of Telecommunications* 4.01 (2024): 1-18.
- [18] Bohannon, Richard W., and Melissa B. Smith. "Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity." *Physical therapy* 67.2 (1987): 206-207.
- [19] Whitesides, George M. "Soft robotics." *Angewandte Chemie International Edition* 57.16 (2018): 4258-4273.
- [20] Iida, Fumiya, and Cecilia Laschi. "Soft robotics: Challenges and perspectives." *Procedia Computer Science* 7 (2011): 99-102.