

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ



Πανεπιστήμιο  
Ιωαννίνων

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**

**«Τρέχουσες Τεχνολογικές τάσεις σε βιοαισθητήρες και συσκευές  
νανοσωματιδίων»**



Παπαϊωάννου Αναστασία

ΑΜ:1200 εξάμηνο :15

*Email: papaiouannou.anastasia123@gmail.com*

Επιβλέπων καθηγητής  
Δημόπουλος Δημήτριος

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ



Πανεπιστήμιο  
Ιωαννίνων

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**

**«Τρέχουσες Τεχνολογικές τάσεις σε βιοαισθητήρες και συσκευές  
νανοσωματιδίων»**

Παπαϊωάννου Αναστασία

ΑΜ:1200 εξάμηνο :15

*Email: [paraiouannou.anastasia123@gmail.com](mailto:paraiouannou.anastasia123@gmail.com)*

**Επιβλέπων καθηγητής**

**Δημόπουλος Δημήτριος**

- Άρτα 2022 -



**Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή**

Άρτα, Μάρτιος 2022

## **ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ**

1. Επιβλέπων καθηγητής

Δημόπουλος Δημήτριος

2. Μέλος επιτροπής

Γιαννακέας Νικόλαος

3. Μέλος επιτροπής

Τζάλλας Αλέξανδρος

Ο Προϊστάμενος του Τμήματος

©Παπαιωάννου Αναστασία, 2022.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. Allrightsreserved.

## Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα πτυχιακή 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.

Παπαϊωάννου Αναστασία

Υπογραφή

# ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

---

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες και την ευγνωμοσύνη μου στον καθηγητή μου κ. Δημόπουλο Δημήτριο για την ανάθεση του θέματος, την πολύτιμη βοήθειά του, το ενδιαφέρον του αλλά και τον χρόνο που διέθεσε για την διεκπεραίωση της πτυχιακής μου εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

---

Στην παρούσα εργασία με θέμα τρέχουσες τεχνολογικές τάσεις σε βιοαισθητήρες και συσκευές νανοσωματιδίων θα γνωρίσουμε τους βιοαισθητήρες. Αρχικά θα ορίσουμε έναν βιοαισθητήρα, θα κάνουμε μια σύντομη ιστορική διαδρομή και θα γνωρίσουμε τους τύπους βιοαισθητήρων. Στη συνέχεια θα αναφέρουμε στη χρήση τους και στις μελλοντικές προοπτικές τους.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα γνωρίσουμε τη μήτρα αισθητήρα και τα στοιχεία βιοαναγνώρισης. Έπειτα θα μιλήσουμε για τους μετατροπείς και τους φορετούς βιοαισθητήρες.

Στο τρίτο κεφάλαιο θα μελετήσουμε τους αισθητήρες EMG, ECG, force και IMU καθώς επίσης και τις εφαρμογές τους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο να αναφερθούμε σε φορητές συσκευές mHealth όπως λόγω χάρη το έξυπνο ρολόι, τα έξυπνα θερμομέτρα, τα έξυπνα ρούχα και άλλα. Επίσης θα μιλήσουμε για τα έξυπνα νοσοκομεία και τη βοήθεια ηλικιωμένων εξ αποστάσεως.

Στο πέμπτο κεφάλαιο θα αναφερθούμε στο MySignals και το RehaGaitAnalyzer και θα παρουσιάσουμε ένα πείραμα που αφορά τους αισθητήρες ECG,EMG. Τα τελευταία χρόνια ο αισθητήρας ηλεκτροκαρδιογραφήματος εξελίχθηκε σε ένα από τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα ιατρικά τεστ. Κλείνοντας αξίζει να επισημάνουμε ότι με τη χρήση των βιοαισθητήρων ένας ειδικός μπορεί να διαγνώσει, να θεραπεύσει και να προλάβει διάφορες παθήσεις και μέσω των εξειδικευμένων προγραμμάτων ο ασθενής μπορεί να έχει τα αποτελέσματα σε αρχεία cloud για οποιαδήποτε χρήση.

**Λέξεις κλειδιά:** βιοαισθητήρες, συσκευές,EMG, ECG,νανοσωματίδια, βιοαναγνώριση, μετατροπείς.



# ABSTRACT

---

In the present work on current technologies, trends in biosensors and nanoparticle devices we will get to know biosensors. We will first define a biosensor, take a brief historical route and get to know the types of biosensors. Next we will report on their use and their future prospects.

In the next chapter we will get to know the sensor matrix and the bio-identification elements. Then we will talk about inverters and wearable biosensors.

In the third chapter we will study the EMG, ECG, force and IMU sensors as well as their applications.

In the fourth chapter we will refer to mHealth mobile devices such as smartwatch, smart thermometers, smart clothes and more. We will also talk about smart hospitals and helping the elderly remotely.

In the fifth chapter we will refer to MySignals and RehaGait Analyzer and we will present an experiment that concerns the ECG, EMG sensors. In recent years the electrocardiogram sensor has become one of the most commonly used medical tests. In closing, it is worth noting that with the use of biosensors a specialist can diagnose, treat and prevent various diseases and through specialized programs the patient can have the results in cloud files for any use.

**Keywords: biosensors, devices, EMG, ECG, nanoparticles, biorecognition, inverters.**

## Πίνακας περιεχομένων

1.1	Εισαγωγή.....	14
1.2	Ιστορική Αναδρομή .....	15
1.3	Ιδιότητες ιδανικού βιοαισθητήρα .....	16
1.4	Χρήση Βιοαισθητήρων .....	17
1.5	Τύποι Βιοαισθητήρων.....	17
1.6	Μελλοντικές προοπτικές.....	18
2.1	Μήτρα αισθητήρα/πλατφόρμα .....	20
2.2	Στοιχεία βιοανάγνωσης (BREs) .....	20
2.2.1	Τα ένζυμα.....	21
2.2.2	Το αντίσωμα.....	22
2.2.3	Το Aptamer.....	22
2.2.4	Οι βιοαισθητήρες ή γενόαισθητές νουκλεϊκού οξέος .....	23
2.2.5	Το κύτταρο και ο ιστός .....	24
2.2.6	Τα Μοριακά Αποτυπωμένα Πολυμερή (MIPs) .....	24
2.3	Μετατροπέας.....	24
2.3.1	Οπτικοί βιοαισθητήρες.....	24
2.3.2	Μηχανικοί βιοαισθητήρες .....	26
2.3.3	Ηλεκτροχημικοί βιοαισθητήρες.....	27
2.3.4	Αμπερομετρία/βολταμετρία .....	28
2.3.5	Ποτενσιομετρία .....	29
2.3.6	Εμπεδομετρία/αγωγιμότητα .....	29
2.4	Φορετοί βιοαισθητήρες.....	30
	Εισαγωγή .....	32
3.1	Ο αισθητήρας EMG.....	32
3.1.1	οι τύποι των αισθητήρων EMG.....	33
3.1.2	Χρήση του αισθητήρα EMG .....	34
3.2	Ο αισθητήρας ECG.....	34
3.2.1	Γιατί να συνδυάσετε το ECG με άλλους αισθητήρες .....	35
3.2.2	Ο βιοαισθητήρας ECGCardioChip .....	36
3.3	Ο αισθητήρας EEG.....	37
3.3.1	Σε τι χρησιμοποιείται το EEG .....	38
3.4	Ο αισθητήρας force .....	40
3.4.1	Οι τυπικές εφαρμογές FSR.....	41

3.5 Ο αισθητήρας IMU.....	42
3.5.1 Ο αισθητήρας IMU χρησιμοποιείται .....	43
3.5.2 Εφαρμογές.....	43
3.6 Ο αισθητήρας Pressure .....	44
3.6.1 Τύποι μετρήσεων πίεσης.....	45
Εισαγωγή .....	47
4.1 Τύποι φορητών συσκευών στο mHealth.....	49
4.1.1 FitnessTrackers.....	50
4.1.2 Φορητά μόνιτορ ΗΚΓ .....	50
4.1.3 Έξυπνο ρολόι υγείας.....	50
4.1.4 Φορητές οθόνες BP.....	52
4.1.5 Βιοαισθητήρες.....	52
4.1.6 Έξυπνα ρούχα που φοριούνται στο σώμα.....	53
4.1.7 Εικονικά νοσοκομεία/θάλαμοι .....	54
4.1.8 Έξυπνα θερμόμετρα.....	55
4.1.9 Συνδεδεμένες συσκευές εισπνοής.....	56
4.1.10 Βοήθεια στους ηλικιωμένους .....	56
4.1.11 Συστήματα αυτοματοποιημένης παροχής ινσουλίνης (AID) .....	57
4.2 lab-on-a-chip .....	58
5.1 Το MySignals .....	60
5.2 Το πείραμα μας.....	61
5.3 RehaGait Analyser.....	67
5.3.1 Πεδία Εφαρμογής .....	68
5.3.2 Τεχνικές πτυχές - Τεχνολογία αισθητήρων .....	68
5.3.3 Ανάλυση δεδομένων .....	69
5.3.4 Δίποδες παράμετροι.....	69
5.4 Αποτελέσματα πειράματος.....	73
5.5 Συμπεράσματα.....	88
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	89
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	92



# Λίστα εικόνων

---

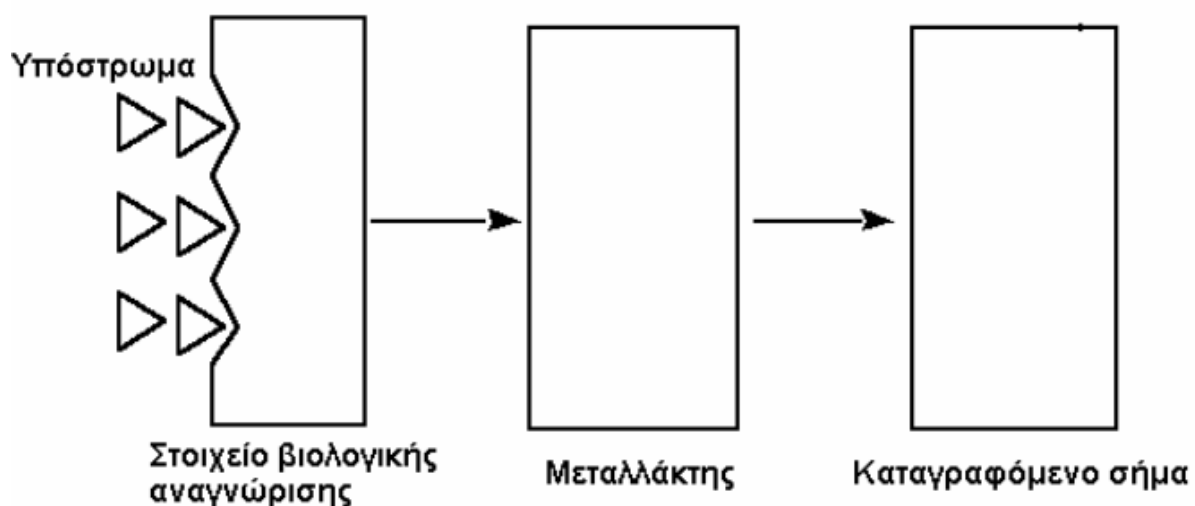
Εικόνα 1: Βιοαισθητήρας.....	15
Εικόνα 2: Ταξινόμηση βιοαισθητήρων με βάση το μεταλλάκτη.....	18
Εικόνα 3: Συστημική εξέλιξη των ligands με εκθετική αύξηση SELEX.....	23
Εικόνα 4: Ένας ηλεκτροχημικός βιοαισθητήρας με MiRNA.....	28
Εικόνα 5: Παράδειγμα βολτομετρίας.....	29
Εικόνα 6: Απεικόνιση ενός L-lactate επιλεκτικό βιοαισθητήρα εμπέδησης.....	30
Εικόνα 7: Παραδείγματα φορετών βιοαισθητήρων.....	31
Εικόνα 8: Ο αισθητήρας EMG.....	33
Εικόνα 9: Ενδομυϊκό EMG.....	34
Εικόνα 10: Ο αισθητήρας ECG.....	35
Εικόνα 11: Ο αισθητήρας ECG.....	36
Εικόνα 12: ECG CardioChip.....	37
Εικόνα 13: Ο αισθητήρας EEG.....	38
Εικόνα 14: Ο αισθητήρας force.....	40
Εικόνα 15: imu- αισθητήρας.....	42
Εικόνα 16: Φορητή συσκευή.....	51
Εικόνα 17: Φορητή συσκευή BP.....	52
Εικόνα 18: Το Philips Biosensor BX100.....	53
Εικόνα 19: Εικονικό νοσοκομείο.....	54
Εικόνα 20: Έξυπνο θερμόμετρο.....	55
Εικόνα 21: Σύστημα αυτόματης παροχής ινσουλίνης.....	57
Εικόνα 22: Μετρήσεις καρδιογραφήματος.....	62
Εικόνα 23: Αισθητήρας ECG.....	63
Εικόνα 24: Εφαρμογή αισθητήρα ECG.....	64
Εικόνα 25: Εφαρμογή αισθητήρα ECG.....	65
Εικόνα 26: Αποτελέσματα αισθητήρα.....	65
Εικόνα 1: Αποτελέσματα μετρήσεων αισθητήρα.....	67
Εικόνα 28: Δοκιμές και αποτελέσματα πειράματος.....	70
Εικόνα 2: Αρχικές μετρήσεις σώματος.....	73
Εικόνα 30: Το πείραμα μας.....	72

# Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή στους βιοαισθητήρες

---

## 1.1 Εισαγωγή

Η λέξη sensor/αισθητήρας (λατινική λέξη *sentire*) σημαίνει αισθάνομαι. Πιο συγκεκριμένα ο βιοαισθητήρας αποτελεί μια αναλυτική διάταξη η οποία αξιοποιεί είτε ένα βιολογικό υλικό είτε ένα υλικό βιομιμητή ως μόριο αναγνώρισης. Με τον όρο βιοαισθητήρα αναφερόμαστε σε έναν αυτόνομο αισθητήρα ο οποίος έχει την ικανότητα να προσφέρει τόσο ποσοτικές όσο και μη ποσοτικές πληροφορίες κάνοντας χρήση ενός στοιχείου βιολογικής αναγνώρισης. Το εν λόγω στοιχείο βρίσκεται σε επαφή με ένα κατάλληλο μεταλλάκτη. Πιο συγκεκριμένα ο βιοαισθητήρας αποτελείται από ένα βιοστοιχείο(ένζυμο, αντίσωμα, κύτταρο, ιστό) και από ένα μεταλλάκτη που επιτρέπει μία βιολογική βιομηχανική αναγνώριση του υποστρώματος σε ηλεκτρικό σήμα. Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στην εικόνα 1 που ακολουθεί υπάρχει το στοιχείο βιολογικής αναγνώρισης, έπειτα ο μεταλλάκτης και στη συνέχεια το καταγραφόμενο σήμα. Χαρακτηριστικό στοιχείο του αισθητήρα είναι ότι το στοιχείο είναι ακινητοποιημένο πάνω σε μεμβράνη. Με τον τρόπο αυτό φροντίζουμε να υπάρχει άμεση και στενή επαφή με το μεταλλάκτη. Ως παράγοντας βίο αναγνώρισης κατά κύριο λόγο χρησιμοποιείται ένα μόριο πρωτεϊνικής φύσης όπως προαναφέραμε λόγου χάρη ένα ένζυμο, ένα αντίσωμα, ένας υποδοχέας, ένα πεπτίδιο και τα λοιπά. Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως υπάρχει και ένας βιολογικός παράγοντας λόγου χάρη ένα κυτταρικό οργανίδιο, ένας μικροοργανισμός, ένα τμήμα ιστού ο οποίος είναι ακινητοποιημένος σε κατάλληλο φορέα.



### Εικόνα 3: Βιοαισθητήρας

<https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/CHEM169/biosensors.pdf>

Οι βιοαισθητήρες έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε πολλούς τομείς της σύγχρονης έρευνας. Οι βιοαισθητήρες διακρίνονται σε βιοαισθητήρες με σήμανση και χωρίς σήμανση. Η ετικέτα βοηθά στην ενίσχυση του σήματος και στην αυξημένη επιλεκτικότητα για την ανίχνευση. Βέβαια θα πρέπει να αναφέρουμε ότι οι ετικέτες αυξάνουν το συνολικό κόστος και τον χρόνο ανίχνευσης. Από την άλλη πλευρά, οι τεχνικές χωρίς ετικέτα βασίζονται στην αναγνώριση του στόχου από τα στοιχεία βιοαναγνώρισης και ο απλός σχεδιασμός τους ευνοεί την ανάπτυξη φορητών συσκευών. [1][2][3]

## 1.2 Ιστορική Αναδρομή

Από ιστορικής πλευράς ο Clark και ο Lion υπήρχαν οι πρωτοπόροι σχετικά με την σύλληψη της ιδέας των δύο αισθητήρων το 1962. Πιο συγκεκριμένα αναφέρθηκαν σε ένα ενζυμικό ηλεκτρόδιο το οποίο αποτελούνταν από ακινητοποιημένο ένζυμο σε έναν ηλεκτροχημικό ανιχνευτή. Με τον τρόπο αυτό προχώρησαν στην παραγωγή ενός αισθητήρα ο οποίος ανταποκρινόταν στο υπόστρωμα του. Στο Λονδίνο λίγα χρόνια αργότερα οι δύο σειρές εξελίχθηκαν και βοήθησαν πάρα πολύ στις τεχνολογίες ανίχνευσης και μετασχηματισμού σήματος.

Στη συνέχεια της παρούσας πτυχιακής εργασίας θα κάνουμε μία σύντομη ιστορική αναδρομή στους βιοαισθητήρες ξεκινώντας από την πρώτη τους εμφάνιση το 1956 που αποτέλεσαν εφεύρεση ηλεκτροδίου του οξυγόνου από τους Clark και Lion και θα ολοκληρώσουμε την ιστορική μας αναδρομή με το 1999 με το Quantumdots. Ακολουθεί εκτενέστερη ιστορική αναδρομή:

- ❖ 1956: Η χρονιά εφεύρεσης του ηλεκτροδίου του οξυγόνου
- ❖ 1962 : Η χρονιά με την πρώτη περιγραφή του αισθητήρα αμπερόμετρου, ενζυμικό ηλεκτρόδιο για τη γλυκόζη επτά χρόνια αργότερα
- ❖ 1969: Ο Ποτενσιομετρικός βιοαισθητήρας ο εν λόγω βιοαισθητήρας βοήθησε στην ακινητοποίηση του ενζύμου σε ηλεκτρόδια αμμωνίας για την ανίχνευση ουρίας ένα χρόνο αργότερα

- ❖ 1970: Η εφεύρεση Ion-Selective Field-Effect Transistor (ISFET) δύο μόλις χρόνια αργότερα
- ❖ 1972/ 1975:Ο εμπορικός βιοαισθητήρας YellowSpringInstruments, βιοαισθητήρας γλυκόζης ακολουθεί
- ❖ 1980 : Ο αισθητήρας pH για μετρήσεις αερίων αίματος
- ❖ 1982 : Ο αισθητήρας γλυκόζης με οπτικές ίνες
- ❖ 1984: Το Αμπερόμετρο, βιοαισθητήρας οξειδάση της γλυκόζης για την ανίχνευση γλυκόζης
- ❖ 1987 : Omedisenseexact αισθητήρας ανίχνευσης γλυκόζης αίματος
- ❖ 1990 : PharmaciaBiacoreSPRοποίος ήταν εμπορικά διαθέσιμος δυο χρόνια αργότερα το 1992 ISTAT φορητός
- ❖ 1998: Ο δύο αισθητήρες γλυκόζης αίματος fasttake lifescan
- ❖ 1999: Quantumdots, νανουλικανανοσωματίδια νανοσωληνες[1][2][3]

### 1.3 Ιδιότητες ιδανικού βιοαισθητήρα

Κατά κύριο λόγο οι βιοαισθητήρες βοηθούν στην ιατρική διάγνωση καθώς επίσης και στη βέλτιστη ανάλυση κλινικών δειγμάτων για την καλύτερη φροντίδα των ασθενών. Βέβαια οι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλους τομείς λόγου χάρη την κτηνιατρική, την αναπαραγωγή ζώων, τον έλεγχο τροφίμων και την προστασία του περιβάλλοντος.

Στη συνέχεια της παρούσας εργασίας θα αναφερθούμε στις ιδιότητες ενός ιδανικού αισθητήρα ορισμένες από τις πιο σημαντικές ιδιότητες του αισθητήρα αποτελούν οι παρακάτω:

- ✓ Μεγάλη ευαισθησία
- ✓ Μεγάλη εκλεκτικότητα
- ✓ Άριστη επαναληψιμότητα
- ✓ Ακρίβεια
- ✓ Μεγάλη απόκριση
- ✓ Υψηλή αξιοπιστία
- ✓ Ικανότητα αυτοελέγχου
- ✓ Βέλτιστη δυναμική περιοχή
- ✓ Βέλτιστη διάρκεια ζωής



- ✓ Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης
- ✓ Απειροελάχιστο κόστος
- ✓ Ανεξαρτησία απόκρισης από φυσικές και χημικές μεταβολές
- ✓ Ευκολία κατασκευής[2]

#### 1.4 Χρήση Βιοαισθητήρων

Σε αυτό το σημείο της εργασίας μας καλούμαστε να απαντήσουμε που τελικά χρησιμοποιούνται οι βιοαισθητήρες. Κατά κύριο λόγο οι βιοαισθητήρες χρησιμοποιούνται για :

- Κλινική διάγνωση
- Βιοϊατρική
- Ποιοτικό έλεγχο
- Φαρμακευτική ανάλυση
- Μικροβιολογία κυρίως για την ανίχνευση ιών και βακτηρίων
- Παραγωγή ποιοτικού ελέγχου τροφίμων
- Ιατρική διάγνωση ελέγχου βιομηχανικών αποβλήτων
- Προσδιορισμό τοξικών αερίων έλεγχου της ρύπανσης του περιβάλλοντος
- Ανίχνευση ουσιών χημικού / βιολογικού πολέμου[2][3].

#### 1.5 Τύποι Βιοαισθητήρων

Η βασική διάκριση των αισθητήρων είναι σε παράγοντα αναγνώρισης και μεταλλάκτη. Στην κατηγορία του παράγοντα αναγνώρισης εντάσσονται οι ενζυμικοί, οι ανοσοχημικοί, κυττάρων, ιστών, μικροοργανισμών. Από την άλλη πλευρά στην περίπτωση διάκρισης του μεταλλάκτη εντάσσονται οι ηλεκτροχημικοί ουσιαστικά αμπερόμετρα, βολτόμετρα, ποτενσιομετρικό, ακουστικοί, θερμοδομετρικοί, οπτικοί. Στην εικόνα 2 που ακολουθεί παρουσιάζουμε έναν πίνακα όπου η ταξινόμηση βιοαισθητήρων γίνεται με βάση το μεταλλάκτη[1][2][3].

Τύπος βιοαισθητήρα	Τύπος μεταλλάκτη	Εφαρμογές
Ηλεκτροχημικοί	Ποτενσιομετρικοί, αμπερομετρικοί, βολταμμετρικοί	Ενζυμικοί, οργανιδίων, ανοσοαισθητήρες
Ακουστικοί	Πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι	Ανοσοαισθητήρες
Θερμιδομετρικοί	Θερμίστορ	Ενζυμικοί, οργανιδίων, ανοσοαισθητήρες
Οπτικοί	Ανιχνευτές απορρόφησης, φωταύγειας, φθορισμού, συμβολής	Ενζυμικοί, ανοσοαισθητήρες

Εικόνα 4: Ταξινόμηση βιοαισθητήρων με βάση το μεταλλάκτη

<https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/CHEM169/biosensors.pdf>

## 1.6 Μελλοντικές προοπτικές

Οι βιοαισθητήρες αποτελούν κατάλληλες συσκευές που αναπτύχθηκαν με απώτερο σκοπό την ανίχνευση αναλυτών. Έκαναν την εμφάνισή τους με το ηλεκτρόδιο του Clark και με την πάροδο των χρόνων εξελίχθηκαν σε σύγχρονους βιοαισθητήρες. Νέες καινοτομίες βιοαισθητήρων εφαρμόζονται ευρέως για να κάνουν πιο αποτελεσματικές τις εφαρμογές της καθημερινής ζωής. Οι βιοαισθητήρες έχουν σκοπό τον εντοπισμό μιας πολύ χαμηλής ποσότητας αναλύτη σε μια πολύπλοκη βιολογική μήτρα με χαμηλό όγκο και χωρίς ρύπανση. Για την καλύτερη αποτελεσματικότητα του βιοαισθητήρα εφαρμόζονται κατάλληλες στρατηγικές. Τόσο τα νανοϋλικά όσο και η χημεία επιφανειών χρησιμοποιούνται για την αποτελεσματική προσκόλληση μορίων BREs και τη δημιουργία αντιρυπαντικής επιφάνειας για διατήρηση της ευαισθησίας για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Βέβαια δεν θα μπορούσαμε να παραλείψουμε ότι οι βιοαισθητήρες καλούνται να αντιμετωπίσουν ορισμένες προκλήσεις. Τα νανοϋλικά που χρησιμοποιούνται στους βιοαισθητήρες πρέπει να:

- Είναι λειτουργικά
- Λειτουργούν σε φυσιολογικό pH
- Ασκεείται έλεγχος στη θερμοκρασία δωματίου ή σώματος,
- Είναι υπό συνθήκες περιβάλλοντος
- Διατηρούνται σταθερά για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα

Οι ενζυματικοί βιοαισθητήρες θα πρέπει να καταλήξουν σε καινοτομίες στη χρήση ενζύμων. Κλείνοντας θα επισημάνουμε ότι μελλοντικά θα πρέπει να δοθεί προτεραιότητα σε χαμηλού κόστους, στις επιφάνειες κατά της ρύπανσης και στη μαζική παραγωγή βιοαισθητήρων χωρίς συμβιβασμούς στην ευαισθησία[4].

# Κεφάλαιο 2: Στοιχεία βιοανάγνωσης (BREs) και κατηγοριοποίηση βιοαισθητήρων

---

## 2.1 Μήτρα αισθητήρα/πλατφόρμα

Οι βιοαισθητήρες αναπτύσσονται σε ένα υποστηρικτικό πλέγμα το οποίο είναι γνωστό ως μήτρα αισθητήρα. Η μήτρα αισθητήρα συνδέει τα BREs με σκοπό την ανίχνευση ενός αναλύτη. Καθοριστικό ρόλο στην ανίχνευση παίζουν :

- Η φύση του υλικού
- Ο τύπος κατασκευής
- Ο σχεδιασμός

Το χαρτί, ο γραφίτης, η πάστα άνθρακα, το γυάλινο ηλεκτρόδιο άνθρακα, τα ηλεκτρόδια με εκτύπωση οθόνης και το οξείδιο του κασσίτερου ινδίου αποτελούν τα πιο γνωστά υλικά. Ο τρόπος επιλογής πλατφόρμας/μήτρας αισθητήρων πρέπει να γίνεται με πολύ προσεκτικό τρόπο λόγω του ότι κάθε μήτρα έχει το δικό της μοτίβο και συμπεριφέρεται διαφορετικά[4].

## 2.2 Στοιχεία βιοανάγνωσης (BREs)

Τα στοιχεία βιοαναγνώρισης ακινητοποιούνται στην επιφάνεια του μετατροπέα με απώτερο σκοπό την αλληλεπίδραση με τα μόρια της αναλυόμενης ουσίας. Επιπροσθέτως τα εν λόγω στοιχεία δύναται να ταξινομηθούν σε βιοκαταλυτικά στοιχεία αναγνώρισης λόγω χάρη :

- ✓ *Ένζυμα*

Καθώς επίσης και στοιχείο αναγνώρισης βιοσυγγένειας λόγω χάρη:

- ✓ *Αντίσωμα*
- ✓ *Αλληλουχία νουκλεϊκών οξέων*
- ✓ *Απταμερές*

Μια τροποποιημένη επιφάνεια νανοϋλικού χρησιμοποιείται για την ανίχνευση αναλυτών αλλά δεν υπάρχει η επιλεκτικότητα των στοιχείων βιοαναγνώρισης. Τα πιο επιλεκτικά στοιχεία βιοαναγνώρισης δεν χρησιμοποιούνται πάντα στον βιοαισθητήρα. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η διατήρηση ισορροπίας με:

- ✓ Την ευαισθησία
- ✓ Την επιλεκτικότητα
- ✓ Την αναπαραγωγιμότητα
- ✓ Την επαναχρησιμοποίηση
- ✓ Τις φυσικές παραμέτρους
- ✓ Την ευκολία κατασκευής

Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα στοιχεία βιοαναγνώρισης στον σχεδιασμό βιοαισθητήρων είναι τα εξής:

- ❖ Τα ένζυμα
- ❖ Το αντίσωμα
- ❖ Το Aptamer
- ❖ Οι βιοαισθητήρες ή γενόαισθητές νουκλεϊκού οξέος
- ❖ Τα Μοριακά Αποτυπωμένα Πολυμερή (MIPs)
- ❖ Το κύτταρο
- ❖ Ο ιστός [4]

### 2.2.1 Τα ένζυμα

**Τα ένζυμα** είναι γνωστά και ως βιοκαταλύτες. Τα ένζυμα, τα οποία προέρχονται από πρωτεΐνες, έχουν τρισδιάστατη δομή, η οποία ενσωματώνεται μόνο σε ένα συγκεκριμένο υπόστρωμα. Οι ενζυματικοί βιοαισθητήρες έχουν βιοκαταλυτική φύση, ουσιαστικά έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν τον αναλύτη σε προϊόν, το οποίο μπορεί να μετρηθεί με:

- ✓ Το χρώμα
- ✓ Το φορτίο
- ✓ Την χωρητικότητα

Ένα από τα πιο γνωστά και συχνά χρησιμοποιούμενα ένζυμα αποτελεί η οξειδωση γλυκόζης. Το εν λόγω ένζυμο χρησιμοποιείται στο σχεδιασμό βιοαισθητήρων για την ανίχνευση γλυκόζης[4].

### 2.2.2 Το αντίσωμα

**Το αντίσωμα**, έχει ένα μοναδικό τρισδιάστατο μοτίβο αναγνώρισης στον βραχίονα Fab. Πιο συγκεκριμένα τα αντισώματα είναι μόρια που αποτελούνται από δύο όμοια σημεία στα οποία δύναται να προσκολληθούν αντιγόνα. Η λειτουργία των αντισωμάτων είναι να προσελκύουν αντιγόνα. Έχουν ως στόχο την αναγνώριση ενός συγκεκριμένου αναλύτη. Αυτό δύναται να επιτευχθεί με τον κατάλληλο σχηματισμό ενός ανοσοσυμπλέγματος αντιγόνου-αντισώματος. Το ανοσοσύμπλεγμα αντισώματος-αντιγόνου είναι εύκολο να παρακολουθηθεί με:

- ✓ Το πιεζοηλεκτρικό αισθητήρα
- ✓ Τον ηλεκτροχημικό αισθητήρα
- ✓ Το οπτικό

Τα πολυκλωνικά αντισώματα, τα μονοκλωνικά αντισώματα και τα ανασυνδυασμένα αντισώματα χρησιμοποιούνται σε βιοαισθητήρες[4].

### 2.2.3 Το Aptamer

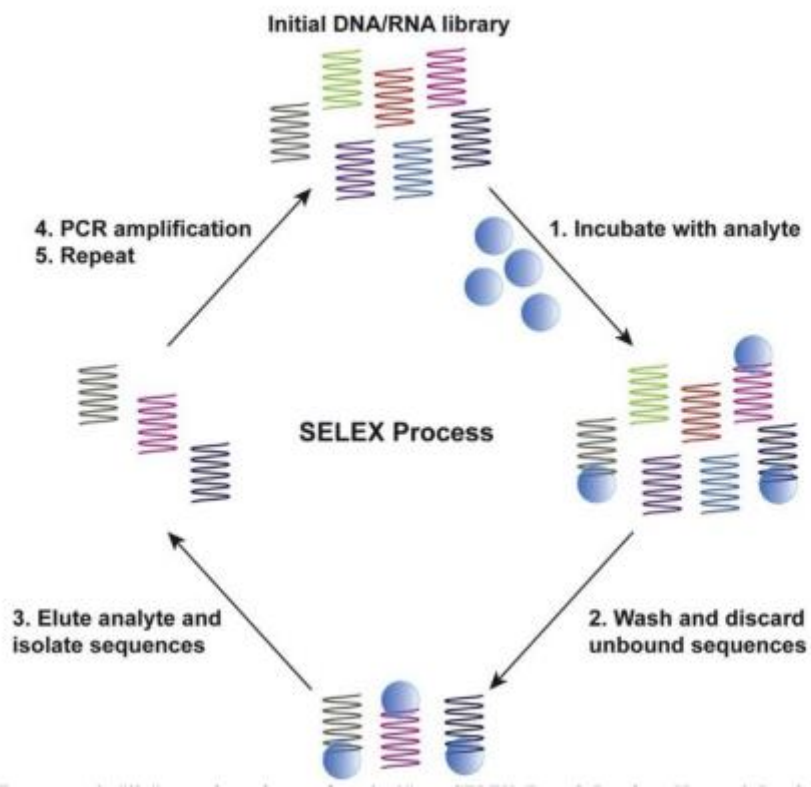
**Το Aptamer**, ένα συνθετικό ολιγονουκλεοτίδιο που δημιουργήθηκε από την Systemic Evolution of Ligands by Exponential Enrichment (SELEX). Ως βασικό στόχο έχει την ανάπτυξη και αναγνώριση αναλύσεων λήψης όπως λόγου χάρη:

- ✓ Τα μόρια φαρμάκων
- ✓ Τις πρωτεΐνες
- ✓ Τα κύτταρα
- ✓ Τα ιόντα

Οι απτίνες είναι ολιγονουκλεοτίδια ή πεπτίδια, τα οποία συνδέονται με ένα συγκεκριμένο βιομόριο. Μπορούμε να έχουμε είτε απτίνες DNA ή RNA είτε απτίνες πεπτιδίων.

- ✓ Της θερμοκρασίας
- ✓ Της ιοντικής ισχύος
- ✓ Του pH

για τον λόγο αυτό υπάρχει μια προτίμηση σε βιοαισθητήρες αντί των αντισωμάτων[4][5].



Εικόνα 5: Συστημική εξέλιξη των ligands με εκθετική αύξηση SELEX

<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:GGB4WBbYlicJ:https://courses.chemeng.ntua.gr/download/4404+&cd=1&hl=el&ct=clnk&gl=gr>

#### 2.2.4 Οι βιοαισθητήρες ή γενόαισθητές νουκλεϊκού οξέος

Οι βιοαισθητήρες ή γενόαισθητές νουκλεϊκού οξέος περιέχουν έναν συμπληρωματικό ανιχνευτή βρόχου ή γραμμικό ανιχνευτή, στην επιφάνεια ανίχνευσης της αλληλουχίας

αναλυόμενου στόχου. Τα νουκλεϊκά οξέα είναι το DNA και το RNA, δηλαδή είναι το γενετικό υλικό[4][5].

### **2.2.5 Το κύτταρο και ο ιστός**

*Το κύτταρο και ο ιστός* χρησιμοποιούνται σε βιοαισθητήρες για την ανίχνευση αρκετών αναλυτών καθώς και για την παρακολούθηση της μηχανικής των κυττάρων.. Οι μη καταλυτικοί διαμεμβρανικοί ή διαλυτοί πρωτεϊνικοί υποδοχείς συνδέονται με συγκεκριμένα μόρια με πολύ μεγάλη εξειδίκευση χρησιμοποιούνται επίσης ως συστήματα βιοαισθητήρων[4][5].

### **2.2.6 Τα Μοριακά Αποτυπωμένα Πολυμερή (MIPs)**

*Τα Μοριακά Αποτυπωμένα Πολυμερή* είναι συνθετικά πολυμερή με εκλεκτική θέση σύνδεσης. Τα Μοριακά Αποτυπωμένα Πολυμερή συντίθενται χρησιμοποιώντας ένα μοριακό πρότυπο που δημιουργεί μια κοιλότητα για να συλλάβει τον αναλύτη[4][5].

## **2.3 Μετατροπείας**

Ο μετατροπείας τροποποιεί το συμβάν βιοανάγνωσης σε μετρήσιμο σήμα. Έχοντας ως βάση τον μορφοτροπεία, οι βιοαισθητήρες δύναται να ταξινομηθούν σε:

- Οπτικούς
- Μηχανικούς
- Ηλεκτροχημικούς βιοαισθητήρες[4][5].

### **2.3.1 Οπτικοί βιοαισθητήρες**

Οι οπτικοί βιοαισθητήρες βλέπουν τις μεταβολές:

- Τη συχνότητα
- Στο οπτικό πεδίο ενός στοιχείου βιοανάγνωσης
- Στη φάση
- Την πόλωση
- Την αλληλεπίδραση με τον αναλύτη[4][5].



Αν λάβουμε υπόψη ότι χρησιμοποιείται ως βάση ο μηχανισμός μεταγωγής ένας οπτικός βιοαισθητήρας μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε:

- Απορρόφηση
- Φθορισμό
- Βιοαισθητήρες

Οι βιοαισθητήρες με βάση την προσρόφηση εντοπίζουν την μεταβολή του πλάτους του φωτός όταν πέφτει στην επιφάνεια ανίχνευσης με παρουσία αναλυτών. Σε αυτή την αλλαγή υπάρχει μια συσχέτιση με τη συγκέντρωση της αναλυόμενης ουσίας σε ένα διάλυμα. Οι συγκεκριμένοι βιοαισθητήρες λειτουργούν στο ορατό φάσμα φωτός και ονομάζονται χρωματομετρικοί βιοαισθητήρες. Οι εν λόγω βιοαισθητήρες προτιμώνται σε ρυθμίσεις χαμηλών πόρων, χωρίς χρήση κατάλληλου οργάνου για την ανίχνευση αναλύτη.

Παράδειγμα αποτελεί μια ανάπτυξη ενός χρωματομετρικού οπτικού βιοαισθητήρα όπου η συγκέντρωση του αναλύτη, στα δείγματα γάλακτος ανιχνεύεται με τη χρήση της ενζυματικής συμπεριφοράς του για να καταλύσει ένα αντιδραστήριο χρώματος για να αλλάξει το χρώμα του διαλύματος δείγματος. Πιο αναλυτικά κατά την συγκεκριμένη διαδικασία χρησιμοποιήθηκε ένα smartphone με βασικό σκοπό την μελέτη της αλλαγής χρώματος με αναφορές στη μεταβολή της συγκέντρωσης ALP στο διάλυμα. Οι βιοαισθητήρες με βάση τον φθορισμό αναπτύσσονται με σκοπό την ανίχνευση ενός μορίου ή αναλύτη σε ένα δείγμα. Επίσης η μεταφορά ενέργειας συντονισμού φθορισμού και η ανάκτηση φθορισμού μετά τη λείκανση που χρησιμοποιούνται στους βιοαισθητήρες βασίζονται επίσης στο ενεργειακό διάγραμμα Jablonski, όπου το προσπίπτον φως φθορίζει σε κατάσταση χαμηλής ενέργειας και ανεξάρτητα από τα μέγιστα απορρόφησης. Οι βιοαισθητήρες με βάση τον φθορισμό χρησιμοποιούνται για:

- Ταχύτητα
- Ευαισθητή
- Επιλεκτική ανίχνευση

Ένας άλλος οπτικός τρόπος ανίχνευσης αποτελούν οι βιοαισθητήρες επιφανειακού συντονισμού πλασμών. Οι συγκεκριμένοι βιοαισθητήρες μετρούν τις μεταβολές στον δείκτη διάθλασης της επιφάνειας του αισθητήρα. Όταν ένα πολωμένο φως φωτίζεται στην αγωγή επιφάνεια στη διεπαφή δύο μέσων σε μια συγκεκριμένη γωνία, δημιουργείται ένα πλασμόνιο με αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση της έντασης του ανακλώμενου φωτός σε μια

συγκεκριμένη γωνία, τη γωνία συντονισμού. Ένας αισθητήρας που βασίζεται σε SPR αποτελείται από:

- Έναν οπτικό ανιχνευτή
- Ένα τσιπ με χρυσή επιφάνεια
- Ένα στρώμα λειτουργικότητας ικανό να ακινητοποιήσει τον συνδετήρα για ανίχνευση σε πραγματικό χρόνο

Ολοκληρώνοντας την αναφορά μας θα προσθέσουμε ότι ένα υπάρχουν και βιοαισθητήρες που χρησιμοποιούν και άλλες οπτικές τεχνικές, όπως οπτικούς κυματοδηγούς παρεμβολόμετρους βιοαισθητήρες, ελλειψομετρικοί βιοαισθητήρες, βιοαισθητήρες Ramanscattering, επιφανειακά ενισχυμένοι για την ανάλυση πολλών κυτταρικών επεξεργαστών για τον εντοπισμό αναλυτών. Οι οπτικοί βιοαισθητήρες με βάση τις οπτικές ίνες αναπτύχθηκαν για γρήγορη ανίχνευση χωρίς τη χρήση πολύ εργαστηριακού εξοπλισμού[4][5].

### 2.3.2 Μηχανικοί βιοαισθητήρες

Στους μηχανικούς βιοαισθητήρες, οι μεταβολές στις παραμέτρους για παράδειγμα στις δυνάμεις και στην κίνηση ποσοτικοποιούνται μετά την αλληλεπίδραση. Οι μηχανικοί βιοαισθητήρες πλεονεκτούν έναντι άλλων βιοαισθητήρων για τους παρακάτω λόγους:

- Είναι ικανοί για εξαιρετική ανάλυση μάζας, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη βιοαισθητήρων
- Υφίστανται μετρήσιμη μετατόπιση έναντι μιας εφαρμοζόμενης δύναμης
- Έχουν τάχιστο χρόνο ανίχνευσης για τη μελέτη βιολογικών γεγονότων
- Η σκοπιμότητα ανίχνευσης αναλύτη
  - Σε υγρά
  - Σε αέρια
- Δεν απαιτείται επισήμανση σε αυτές τις συσκευές

Οι μηχανικοί βιοαισθητήρες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- ✓ Μικροζυγία χαλαζία
- ✓ Ακουστικό κύμα επιφανείας
- ✓ Νανομηχανικά συστήματα

Οι μηχανικοί βιοαισθητήρες αποτελούνται από:

- Έναν προβόλο
- Έναν μηχανικό μετατροπέα
- Τον επεξεργαστή

Κλείνοντας την αναφορά μας θα προσθέσουμε ότι ο ανιχνευτής πρόβολου τροποποιείται για την ανίχνευση του αναλύτη, όπου η απόδοσή του, όπως η ικανότητα προσρόφησης πρωτεΐνης ή το όριο ανίχνευσης είναι συνάρτηση του σχήματος/μεγέθους του και ανάλογη με τη μάζα του προβόλου[4][5].

### 2.3.3 Ηλεκτροχημικοί βιοαισθητήρες

Ένας βιοαισθητήρας ηλεκτροχημικής ορίζεται ως μια αυτόνομη ολοκληρωμένη συσκευή που παρέχει τόσο ποσοτικές όσο και ημι-ποσοτικές πληροφορίες. Οι EC biosensors έχουν ως βάση:

- Τη μέτρηση των αλλαγών στο ρεύμα
- Το δυναμικό
- Την αγωγιμότητα
- Το φαινόμενο πεδίου

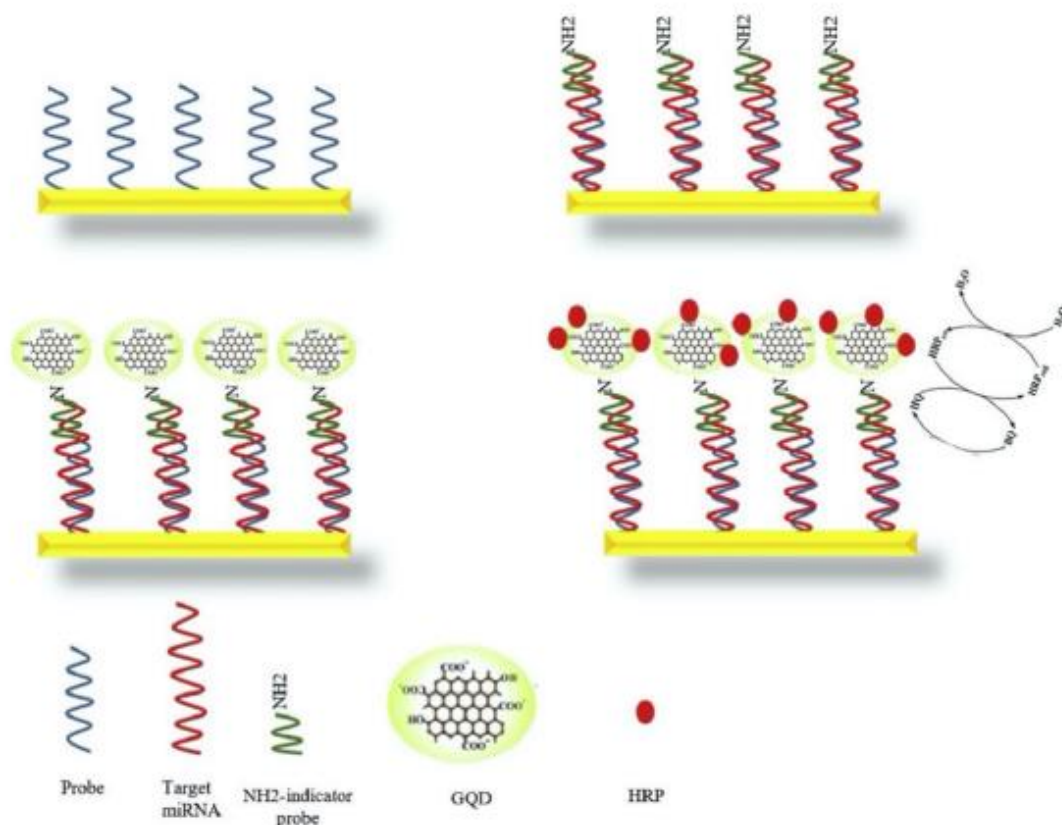
Μια ακόμη κατηγορία ηλεκτροχημικών βιοαισθητήρων είναι οι οικολογικοί. Οι οικολογικοί αισθητήρες χρησιμοποιούνται περισσότερο για τους παρακάτω λόγους:

- Τη στιβαρότητα
- Την επιλεκτικότητα
- Την ευαισθησία
- Των αναλυτικών επιδόσεων

Μια ακόμη κατηγορία ηλεκτροχημικών βιοαισθητήρων είναι οι EC. Οι βιοαισθητήρες EC βασίζονται στο σύστημα τριών ηλεκτροδίων, πιο συγκεκριμένα:

- Το ηλεκτρόδιο εργασίας
- Το βοηθητικό/αντίθετο ηλεκτρόδιο
- Έναν ηλεκτρόδιο αναφοράς

Η επιλογή του κατάλληλου ηλεκτροδίου εργασίας παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό ενός βιοαισθητήρα EC, για το λόγο ότι η τροποποίηση νανοϋλικών και η μηχανική επιφανείας πραγματοποιούνται στο ηλεκτρόδιο εργασίας[4].



Εικόνα 6: Ένας ηλεκτροχημικός βιοαισθητήρας με MiRNA

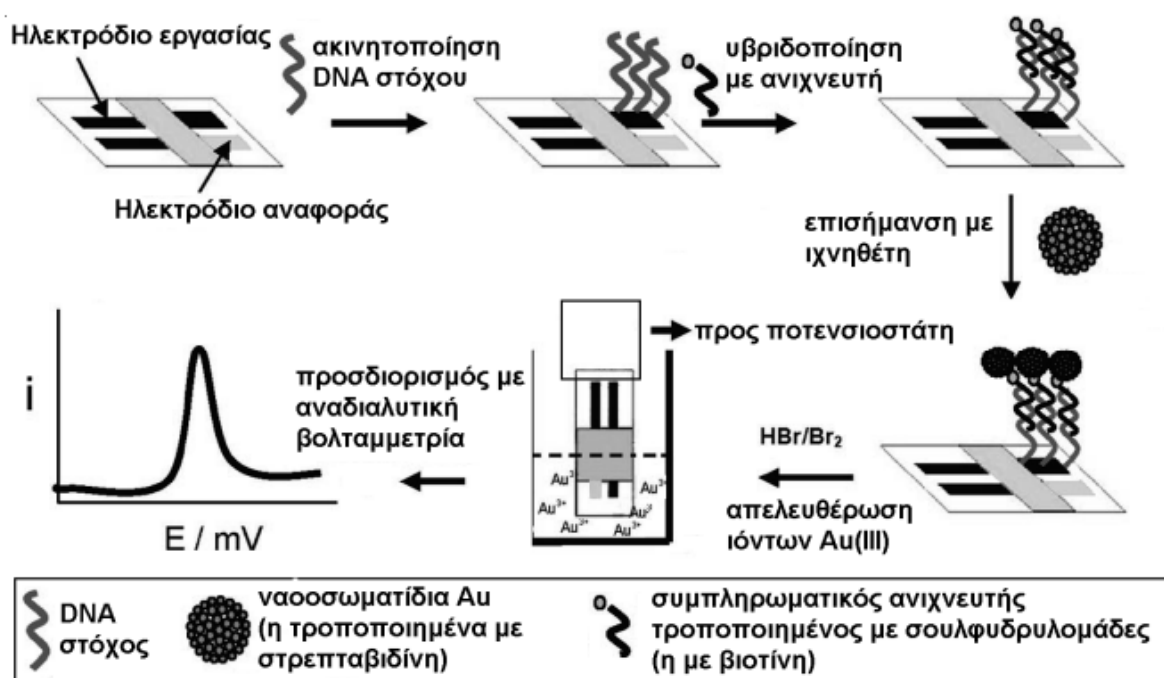
<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:GGB4WBbYlicJ:https://courses.chemeng.ntua.gr/download/4404+&cd=1&hl=el&ct=clnk&gl=gr>

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ηλεκτροχημικού βιοαισθητήρα με MiRNA μπορούμε να παρατηρήσουμε στην εικόνα 4 που βρίσκεται πιο πάνω.

### 2.3.4 Αμπερομετρία/βολταμετρία

Στους βολταμετρικούς/αμπερομετρικούς βιοαισθητήρες, το δυναμικό εφαρμόζεται σε ένα ηλεκτρόδιο εργασίας έναντι του ηλεκτροδίου αναφοράς. Το δυναμικό ξεκινά μια ηλεκτροχημική αντίδραση οξείδωσης ή αναγωγής των ηλεκτρολυτών που υπάρχουν στο διάλυμα. Αυτή η οξειδοαναγωγική αντίδραση συμβαίνει στην επιφάνεια του ηλεκτροδίου

εργασίας και παράγει ηλεκτρόνια σε ένα συγκεκριμένο δυναμικό με βάση τη φύση του εκλεκτού[4][5].



Εικόνα 7: Παράδειγμα βολτομετρίας

<https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/CHEM169/biosensors.pdf>

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα βολτομετρίας μπορούμε να παρατηρήσουμε στην εικόνα 5 που βρίσκεται πιο πάνω. Αναλυτικότερα βλέπουμε το ηλεκτρόδιο αναφοράς, έπειτα την ακινητοποίηση DNA στόχου, την υβριδοποίηση με ανιχνευτή, την επισήμανση με ιχνηθέτη, την απελευθέρωση ιόντων Au, τον προσδιορισμό με αναδιαλυτική βολτομετρία και το ποτενσιοστάτη.

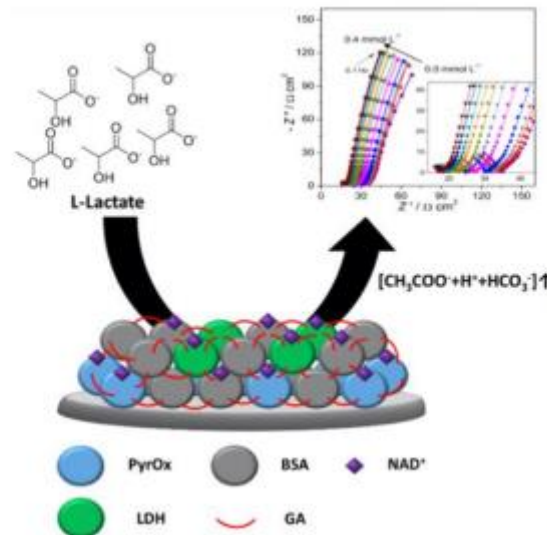
### 2.3.5 Ποτενσιομετρία

Οι ποτενσιομετρικοί βιοαισθητήρες ελέγχουν το δυναμικό ενός ηλεκτροχημικού στοιχείου στο ηλεκτρόδιο εργασίας όταν δεν περνά ρεύμα στην κυψέλη EC. Τα συστήματα βιοαναγνώρισης όπως τα ένζυμα συνήθως ενσωματώνονται σε ποτενσιομετρικούς αισθητήρες, όπου τα καταλυτικά παραγόμενα ιόντα ανιχνεύονται από τα ηλεκτρόδια[4][5].

### 2.3.6 Εμπεδομετρία/αγωγιμότητα

Οι βιοαισθητήρες αγωγιμότητας ελέγχουν τις μεταβολές στην ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός διαλύματος καθώς η σύνθεση του διαλύματος μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια μιας χημικής

αντίδρασης. Στους απιντιμετρικούς βιοαισθητήρες, η σύνθετη αντίσταση μετριέται στο ηλεκτρόδιο εργασίας και στον μετρητή που αφορά το ηλεκτρόδιο αναφοράς. Οι αισθητήρες σύνθετης αντίστασης χρησιμοποιούνται συχνότερα για ανίχνευση χωρίς ετικέτα, καθώς αυτή η μέθοδος δεν απαιτεί καμία ετικέτα ανίχνευσης για την ανίχνευση αναλυτών[4].



Εικόνα 8: Απεικόνιση ενός L-lactate επιλεκτικό βιοαισθητήρα εμπέδησης

<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:GGB4WBbYlicJ:https://courses.chemeng.ntua.gr/download/4404+&cd=1&hl=el&ct=clnk&gl=gr>

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα επιλεκτικού βιοαισθητήρα εμπέδησης μπορούμε να παρατηρήσουμε στην εικόνα 6 που βρίσκεται πιο πάνω.

## 2.4 Φορητοί βιοαισθητήρες

Οι φορητοί βιοαισθητήρες συλλέγουν πληροφορίες ανίχνευσης σε πραγματικό χρόνο. Χρησιμοποιούν μη επεμβατικά δείγματα με σκοπό την ανίχνευση αναλυτών. Οι φορητοί αισθητήρες ηλεκτροχημικών καθώς επίσης και οπτικών χρησιμοποιούνται ως βάση:

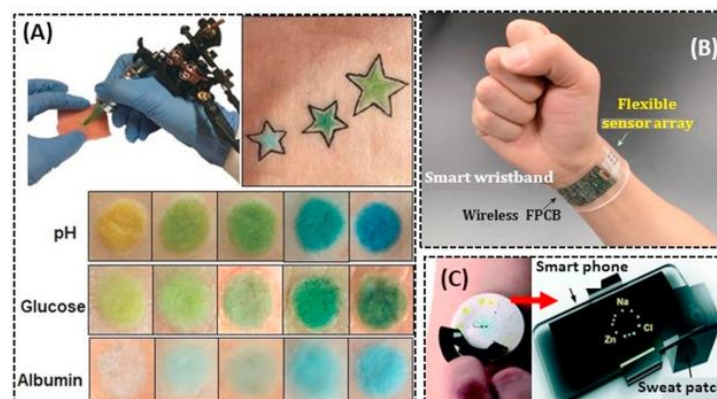
- Στους αυτο-τροφοδοτούμενους αισθητήρες
- Στην ενσωμάτωση εύκαμπτων ηλεκτρονικών
- Στην ασύρματη μετάδοση δεδομένων

- Στους αισθητήρες εμφυτεύσιμου δέρματος

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ανάπτυξη ενός πλήρως ενσωματωμένου φορητού αισθητήρα που χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της ανθρώπινης εφίδρωσης. Ο εν λόγω αισθητήρας δύναται να ανιχνεύσει ταυτόχρονα:

- ✓ Γλυκόζης
- ✓ Λακτόζης
- ✓ Na<sup>+</sup>,
- ✓ K<sup>+</sup>

Πιο συγκεκριμένα συνδέεται μέσω Bluetooth και τα δεδομένα ανίχνευσης σε πραγματικό χρόνο μπορούν να έχουν άμεση πρόσβαση μέσω smartphone όπως μπορούμε να διακρίνουμε στην εικόνα 7 που ακολουθεί. Λίγο αργότερα αναπτύχθηκε ένας φορητός αισθητήρας ο οποίος έχει ως βάση υδρογέλη με φακούς επαφής για την παρακολούθηση των επιπέδων γλυκόζης στα δάκρυα σε πραγματικό χρόνο. Ολοκληρώνοντας την αναφορά μας αξίζει να προσθέσουμε τις μεθόδους βιοαισθητοποίησης οι οποίες έχουν ως βάση τατουάζ χρησιμοποιώντας ελάχιστα επεμβατική διαδικασία και χρωστικές που αλλάζουν χρώμα ως απόκριση της αλλαγής του pH ή άλλων ερεθισμάτων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα μπορούμε να διακρίνουμε στην εικόνα 7 που ακολουθεί[4].



Εικόνα 9: Παραδείγματα φορετών βιοαισθητήρων

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666351120300401>

---

# Κεφάλαιο 3: Παραδείγματα αισθητήρων και οι χρήσεις τους

---

## Εισαγωγή

Στο τρίτο κεφάλαιο θα μελετήσουμε τους αισθητήρες EMG, ECG, force και IMU καθώς επίσης και τις εφαρμογές τους. Οι εν λόγω αισθητήρες συνδέονται άρρηκτα με την υγεία και την ιατρική στα επόμενα υποκεφάλαια θα παρουσιάσουμε αναλυτικά καθέναν εξ αυτών.

### 3.1 Ο αισθητήρας EMG

Με τον όρο EMG αναφερόμαστε σε έναν αισθητήρα ηλεκτρομυογραφίας ο οποίος ως βασικό του ρόλο έχει την μέτρηση ηλεκτρικών σημάτων που παράγονται από τους μύες όταν τους μετακινούμε.

Ακολουθεί εκτενέστερη αναφορά στον αισθητήρα EMG.

Η διαδικασία ξεκινά από τον εγκέφαλό. Πιο συγκεκριμένα η νευρική δραστηριότητα στον κινητικό φλοιό δίνει σήματα στον νωτιαίο μυελό. Εν συνεχεία το σήμα μεταφέρεται στο μυϊκό τμήμα μέσω των κινητικών νευρώνων οι οποίοι με τη σειρά τους «*νευρώνουν*» τον μυ προκαλώντας την απελευθέρωση ιόντων ασβεστίου και στη συνέχεια δημιουργούν μια μηχανική μεταβολή.

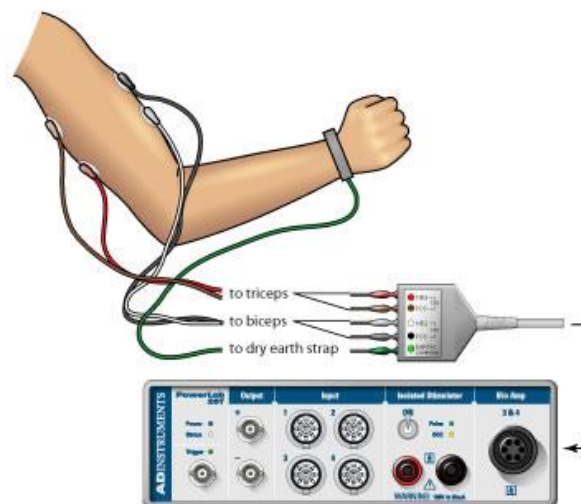
Ουσιαστικά είναι μια νευροφυσιολογική τεχνική η οποία είναι και η πλέον κατάλληλη για την εξέταση της ηλεκτρικής δραστηριότητας των σκελετικών μυών. Σημαντικό θα ήταν να προσθέσουμε ότι η πηγή του ηλεκτρικού σήματος στον αισθητήρα είναι το δυναμικό της μυϊκής μεμβράνης. Οι μυϊκές ίνες που νευρώνονται από τους αξονικούς κλάδους ενός κινητικού νευρώνα σχηματίζουν μια κινητική μονάδα και επιπροσθέτως αναμιγνύονται με ίνες άλλων MU[6].



### 3.1.1 Οι τύποι των αισθητήρων EMG

#### ➤ *Αισθητήρες sEMG*

Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες τοποθετούνται με κατάλληλη διαδικασία στο δέρμα. Η παραπάνω διαδικασία δεν αποτελεί επώδυνη διαδικασία. Κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται για κλινικές και παρακολούθηση της αθλητικής υγείας. Βέβαια αξίζει να επισημάνουμε ότι περιορίζονται σε επιφανειακούς μύες.

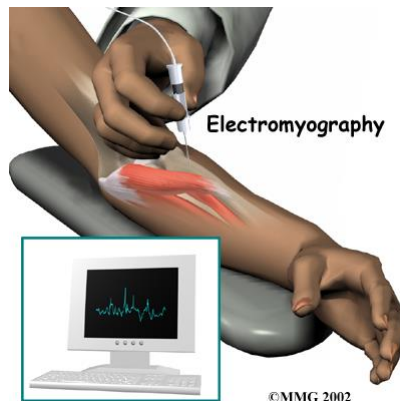


Εικόνα 10:Ο αισθητήρας EMG

<https://medchrome.com/basic-science/pathology/electromyography/>

#### ➤ *Ενδομυϊκό EMG*

Το ενδομυϊκό EMG μπορεί να λάβει μέτρηση με τη χρήση ενός μονοπολικού ηλεκτροδίου βελόνας. Η εν λόγω διαδικασία είναι ιδιαίτερα ασφαλής παρόλο που δύναται να προκαλέσει ενόχληση κατά τη διαδικασία εισαγωγής ηλεκτροδίων της βελόνας.



Εικόνα 11: Ενδομυκικό EMG

[https://www.seeedstudio.com/blog/2019/12/29/what-is-emg-sensor-myoware-and-how-to-use-with-arduino/?fbclid=IwAR3h-r-J1o\\_c8gTEAdKk5xMKv11PikgeQqIDVW2883KoRbhhySD5hGo9cw](https://www.seeedstudio.com/blog/2019/12/29/what-is-emg-sensor-myoware-and-how-to-use-with-arduino/?fbclid=IwAR3h-r-J1o_c8gTEAdKk5xMKv11PikgeQqIDVW2883KoRbhhySD5hGo9cw)

Βέβαια στο σημείο αυτό αξίζει να επισημάνουμε ότι ορισμένες φορές υπάρχει ο κίνδυνος μόλυνσης μυών από τη βελόνα.

### 3.1.2 Χρήση του αισθητήρα EMG

Οι αισθητήρες EMG χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για βιοϊατρικές εφαρμογές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα για διάγνωση των γιατρών τόσο μυικών όσο και νευρικών διαταραχών με απώτερο σκοπό την έγκαιρη πρόληψη και ασφαλώς την θεραπεία. Επιπλέον αποτελεί κατάλληλο ερευνητικό εργαλείο κινησιολογίας. Στη συνέχεια θα αναφέρουμε επιγραμματικά και άλλες χρήσεις του εν λόγω αισθητήρα:

- Προσδιορισμός της κατάστασης υγείας του κινητικού συστήματος
- Εντοπισμός και χαρακτηρισμός περιφερικών και κεντρικών ανωμαλιών και βλαβών
- Καθυστέρηση της χρονικής πορείας και των ανωμαλιών του κινητικού συστήματος
- Καθορισμός και αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των στρατηγικών θεραπειάς[7].

### 3.2 Ο αισθητήρας ECG

Ο αισθητήρας ECG αποτελεί μέθοδο συλλογής ηλεκτρικών σημάτων που παράγονται από την καρδιά. Συνεπώς μπορεί να γίνει εύκολα κατανοητό το επίπεδο φυσιολογικής διέγερσης που βιώνει κάποιος. Επιπροσθέτως δύναται να χρησιμοποιηθεί για να κατανοήσουμε την ψυχολογική κατάσταση ενός ατόμου.



Εικόνα 12: Ο αισθητήρας ECG

<https://imotions.com/blog/what-is-ecg/?fbclid=IwAR2HVADYk6olEYqfh8jdELkteZ5R7aqwGTYF3ID7gS0udYkGOkoVE2QZjEg>

Η καρδιακή δραστηριότητα μπορεί να καταγραφεί με δύο τρόπους:

#### ❖ Ηλεκτροκαρδιογραφία

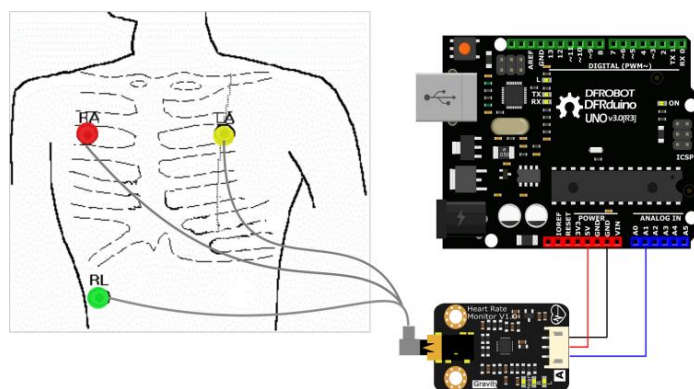
Η Ηλεκτροκαρδιογραφία καταγράφει την ηλεκτρική δραστηριότητα που παράγεται από εκπόλωση των καρδιακών μυών η οποία διαδίδεται ως παλλόμενα ηλεκτρικά κύματα προς το δέρμα. Η εγκατάσταση ΗΚΓ περιλαμβάνει τουλάχιστον τέσσερα ηλεκτρόδια που τοποθετούνται στο στήθος ή στα τέσσερα άκρα.

#### ❖ Φωτο-πληθυσμογραφία

Κατά τη διάρκεια του καρδιακού κύκλου, η αρτηριακή πίεση μεταβάλλεται. Η ροή αίματος έπειτα θα μετρηθεί με τη χρήση οπτικών αισθητήρων που είναι προσαρτημένοι στο άκρο του δακτύλου, στον λοβό του αυτιού ή σε άλλο τριχοειδή ιστό. Η συσκευή διαθέτει ένα LED η οποία μεταδίδει φως στον ιστό και καταγράφει την ποσότητα του φωτός που είτε απορροφάται είτε ανακλάται στη φωτοδίοδο.

### 3.2.1 Γιατί να συνδυάσετε το ECG με άλλους αισθητήρες

Η αλλαγή στον καρδιακό ρυθμό είναι στην πραγματικότητα πανομοιότυπη. Τα θετικά / αρνητικά ερεθίσματα μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση της διέγερσης που προκαλεί μεταβολές στον καρδιακό ρυθμό.



Εικόνα 13: Ο αισθητήρας ECG

<https://www.hellasdigital.gr/electronics/sensors/heart/gravity-analog-heart-rate-monitor-sensor-ecg-for-arduino-sen0213/?sl=en>

Πιο συγκεκριμένα ενώ το ECG/PPG είναι ιδανικό μέτρο για την παρακολούθηση της συναισθηματικής διέγερσης, δεν είναι σε θέση να αποκαλύψουν το συναισθηματικό σθένος. Οι αισθητήρες συνδυάζονται με άλλες πηγές δεδομένων όπως:

- Η ανάλυση εκφράσεων προσώπου
- Το ECG
- Η παρακολούθηση ματιών[8]

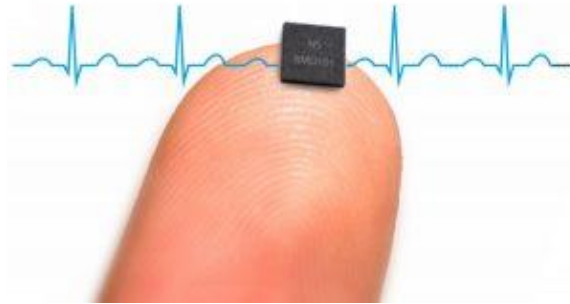
### 3.2.2 Ο βιοαισθητήρας ECG CardioChip

Μια υποκατηγορία του ECG αποτελεί ο βιοαισθητήρας CardioChip. Ο εν λόγω βιοαισθητήρας χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για φορητές συσκευές της mHealth για τις οποίες θα μιλήσουμε στο τέταρτο κεφάλαιο της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Πιο συγκεκριμένα αυτή η υποκατηγορία βιοαισθητήρων αποτελούν μια βέλτιστη πλατφόρμα για wearables και υπηρεσίες παρακολούθησης.

Το CardioChip βοηθάει στη μέτρηση:

- Της υγείας
- Της ευεξίας

Σε αυτό σημαντικό ρόλο έχουν οι συμπληρωματικοί βιομετρικοί αλγόριθμοι του NeuroSky. Οι εν λόγω αλγόριθμοι μπορούν να λάβουν μία μόνο σύλληψη ECG CardioChip και να τη μεταφράσουν σε έναν ευνόητο δείκτη υγείας της καρδιάς.



Εικόνα 14:ECG CardioChip

[http://neurosky.com/biosensors/ecg-sensor/?fbclid=IwAR1MYtEdyr9LANOdchXMggvgx-NPQqG9H5hPhBJbgSYTv-dWAdXJ\\_IkutHo](http://neurosky.com/biosensors/ecg-sensor/?fbclid=IwAR1MYtEdyr9LANOdchXMggvgx-NPQqG9H5hPhBJbgSYTv-dWAdXJ_IkutHo)

Οι καρδιοπαθείς μπορούν να βασιστούν στους βιοαισθητήρες για την παροχή ακριβών μετρήσεων μέσω των προηγμένων προϊόντων που έχουν αναπτυχθεί.

Οι λύσεις mHealth που βασίζονται στην πλατφόρμα NeuroSky παρέχουν προηγμένα βιομετρικά στοιχεία για:

- Το στρες
- Τον παλμό της καρδιάς
- Τη μεταβλητότητα καρδιακών παλμών
- Την κούραση
- Την ηλικία της καρδιάς
- Του δείκτη της αναπνοής
- Της διάθεσης
- Του δείκτη των καρδιακών παλμών[9]

### 3.3 Ο αισθητήρας EEG

Ο αισθητήρας EEG έχει την ικανότητα να μετρά τις αλλαγές στα ηλεκτρικά δυναμικά τα οποία προκαλούνται από μια πληθώρα ηλεκτρικών διπόλων κατά τη διάρκεια των νευρικών διεγέρσεων του εγκεφάλου. Ένα σήμα EEG ουσιαστικά είναι μια συνισταμένη καταγραφή που προκύπτει από διάφορα κύματα του εγκεφάλου και αντικατοπτρίζει την ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου.



Εικόνα 15: Ο αισθητήρας EEG

[http://neurosky.com/biosensors/ecg-sensor/?fbclid=IwAR1MYtEdvr9LANOdchXMggvgx-NPQqG9H5hPhBJbgSYTv-dWAdXJ\\_IkutHo](http://neurosky.com/biosensors/ecg-sensor/?fbclid=IwAR1MYtEdvr9LANOdchXMggvgx-NPQqG9H5hPhBJbgSYTv-dWAdXJ_IkutHo)

### 3.3.1 Σε τι χρησιμοποιείται το EEG

Σε αυτό το υποκεφάλαιο θα αναφέρουμε που χρησιμοποιούνται οι βιοαισθητήρες EEG. Πιο συγκεκριμένα οι βιοαισθητήρες EEG βρίσκουν χρήσεις σε:

#### *Απόδοση και ευεξία*

Οι αθλητές δύναται να χρησιμοποιήσουν το EEG με απώτερο σκοπό να «*παρακολουθήσουν*» τη δραστηριότητα του εγκεφάλου τους. Πιο συγκεκριμένα βοηθάει στην μέτρηση των βημάτων. Βέβαια εκτός από τα βήματα βοηθάει στη μέτρηση:

- Της απόσπαση της προσοχής
- Του άγχος
- Του γνωστικού φορτίου

Τα δεδομένα EEG παρέχουν ανατροφοδότηση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον κατάλληλο γιατρό για να ξεπεραστούν τα παραπάνω προβλήματα.

➤ ***Έρευνα Καταναλωτή***

Τα δεδομένα EEG περιέχουν πολύ σημαντικές πληροφορίες για τους καταναλωτές. Ο συνδυασμός EEG με άλλους βιομετρικούς αισθητήρες λόγω χάρη παρακολούθηση ματιών, ανάλυση εκφράσεων προσώπου και μετρήσεις καρδιακών παλμών βοηθά τις εταιρείες να καταλάβουν τις ανάγκες των καταναλωτών.

➤ ***Φροντίδα υγείας***

Λόγω του ότι τα τεστ των EEG παρουσιάζουν την εγκεφαλική δραστηριότητα τα αποτελέσματα δύναται να συγκεντρώνουν πληροφορίες που αφορούν τη διάγνωση εγκεφαλικών διαταραχών.

➤ ***Διάγνωση επιληπτικών κρίσεων***

Οι γιατροί καταφεύγουν περιπατητικό EEG έως και 72 ώρες, ενώ το παραδοσιακό EEG διαρκεί 1-2 ώρες. Οι ασθενείς κυκλοφορούν στο σπίτι του φορώντας ακουστικά EEG.

➤ ***Μελέτη ύπνου για διαταραχές ύπνου***

Μια μελέτη ύπνου EEG μετρά τη δραστηριότητα του σώματος εκτός από τη διεξαγωγή σάρωσης εγκεφάλου. Ένας τεχνολόγος EEG παρακολουθεί:

- Τον καρδιακό ρυθμό
- Τα επίπεδα οξυγόνου στο αίμα σας κατά τη διάρκεια μιας ολονύκτιας διαδικασίας
- Την αναπνοή

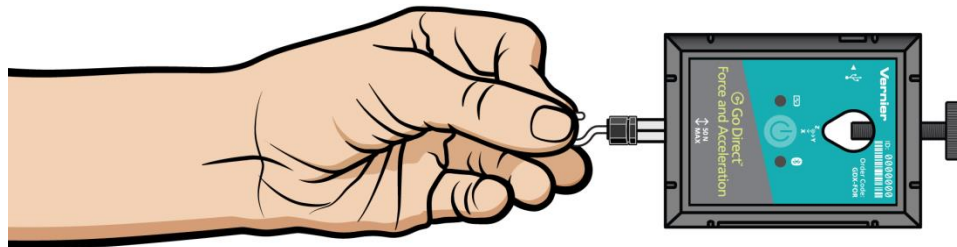
➤ ***Ποσοτική Νευροεπιστήμη***

Το EEG μετρά την ηλεκτρική δραστηριότητα στο εξωτερικό στρώμα του εγκεφάλου μπορεί να πάρει εγκεφαλικά κύματα από το τριχωτό της κεφαλής. Οι επιστήμονες δύναται να αποκτήσουν νέες πληροφορίες τόσο για τον εγκέφαλό όσο και για το σώμα συνδυάζοντας τα τεστ εγκεφάλου EEG με δεδομένα από άλλες τεχνικές παρακολούθησης του εγκεφάλου. Παράδειγμα αποτελεί η ηλεκτροεγκεφαλογραφία. Χρησιμοποιώντας τη μηχανική μάθηση, το qEEG συγκρίνει τα εγκεφαλικά κύματα με τα εγκεφαλικά κύματα ατόμων του ίδιου φύλου και ηλικίας. Στη συνέχεια δημιουργεί έναν «χάρτη» του εγκεφάλου σας μέσω της ποσοτικής σύγκρισης.[10].

### 3.4 Ο αισθητήρας force

Ο αισθητήρας force είναι ένας τύπος μορφοτροπέα και πιο συγκεκριμένα είναι ένας μετατροπέας δύναμης . Αναλυτικότερα μετατρέπει μια εισόδου μηχανικής δύναμης όπως λόγω χάρη:

- Το βάρος
- Την ένταση
- Την πίεση
- Το φορτίο
- Την συμπίεση



Εικόνα 16: Ο αισθητήρας force

[https://www.vernier.com/experiment/elb-for-e-1\\_learning-to-use-a-force-sensor/](https://www.vernier.com/experiment/elb-for-e-1_learning-to-use-a-force-sensor/)

Οι μετατροπείς δύναμης χρησιμοποιείται σε:

- ❖ Αυτοκινητοβιομηχανία
- ❖ Κατασκευή υψηλής ακρίβειας
- ❖ Αεροδιαστημική
- ❖ Άμυνα
- ❖ Βιομηχανικός αυτοματισμός
- ❖ Ιατρική
- ❖ Φαρμακευτική
- ❖ Ρομποτική
  - Συνεργατικά Ρομπότ (Cobots)
  - Χειρουργική Ρομποτική[11] .



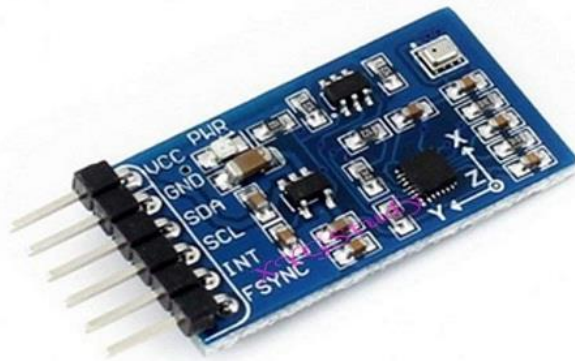
### 3.4.1 Οι τυπικές εφαρμογές FSR

- ❖ Έλεγχος δρομέα πάνω/κάτω δύναμη/ταχύτητα
- ❖ Διαδραστικά χειριστήρια μουσικών οργάνων
- ❖ Διαδραστικός ελεγκτής αναγνώρισης
- ❖ Συστοιχία μήτρας πολλαπλών εισόδων
- ❖ Ελεγκτές πεντάλ ποδιών
- ❖ Αντλίες έγχυσης
- ❖ Πληκτρολόγιο Aftertouch
- ❖ Αισθητήρας συναγερμού
- ❖ Ρομποτική
- ❖ Ανίχνευση εξαρτημάτων συναρμολόγησης
- ❖ Έλεγχος ταχύτητας κινητήρα
- ❖ Πάνελ ασφαλείας δαπέδου
- ❖ Κονσόλα ελέγχου τιμονιού
- ❖ Ρυθμιστής καθρέφτη
- ❖ Ηλεκτρονικό γκάζι και φρένο
- ❖ Διαδραστικές κούκλες
- ❖ Ελεγκτής RC
- ❖ Joysticks
- ❖ Μουσικά όργανα παιχνιδιών
- ❖ Ανίχνευση δύναμης στόχου και ακρίβειας[12].

### 3.5 Ο αισθητήρας IMU

Ο αισθητήρας IMU είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται για:

- Τον υπολογισμό ακριβούς δύναμης του σώματος
- Την αναφορά της ακριβούς δύναμης του σώματος
- Του γωνιακού ρυθμού
- Της κατεύθυνσης του σώματος
  - Το γυροσκόπιο
  - Το μαγνητόμετρο
  - Το επιταχυνσιόμετρο
- Τον σχεδιασμό αεροσκαφών
  - UAV
  - Διαστημικών σκαφών
  - Δορυφόρους
- Κατασκευή συσκευών GPS



Εικόνα 17: imu- αισθητήρας

[https://www.elprocus.com/imu-sensor-working-applications/?fbclid=IwAR1OyAE2cRQVWBQ2R0UniMGPNe3COxw-gHqHU\\_m9bPXM5zKPdaz0dh6nXh4](https://www.elprocus.com/imu-sensor-working-applications/?fbclid=IwAR1OyAE2cRQVWBQ2R0UniMGPNe3COxw-gHqHU_m9bPXM5zKPdaz0dh6nXh4)

Οι εν λόγω αισθητήρες δίνουν τη δυνατότητα σε έναν δέκτη GPS να λειτουργεί όταν τα σήματα δεν είναι διαθέσιμα. Ολοκληρώνοντας την αναφορά μας θα προσθέσουμε ότι υπάρχει και το WIMU, το οποίο αποτελεί έναν ασύρματο αισθητήρα IMU.

### 3.5.1 Ο αισθητήρας IMU χρησιμοποιείται

Ο αισθητήρας IMU κατά κύριο λόγο μετρά:

- Τη δύναμη
- Το μαγνητικό πεδίο
- Τον γωνιακό ρυθμό

Ο αισθητήρας IMU περιλαμβάνει επιταχυνσιόμετρο 3 αξόνων καθώς επίσης και γυροσκόπιο και ένα επιπλέον μαγνητόμετρο 3 αξόνων ώστε να μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα IMU 9 αξόνων. Ολοκληρώνοντας την αναφορά μας θα προσθέσουμε ότι ο αισθητήρας IMU συγχωνεύει δεδομένα από πολλούς αισθητήρες με απώτερο σκοπό να προσφέρει μέτρα κατεύθυνσης και προσανατολισμού.

### 3.5.2 Εφαρμογές

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούμε εκτενέστερα στις εφαρμογές του αισθητήρα IMU. Πιο συγκεκριμένα ο αισθητήρας IMU χρησιμοποιείται για:

- Τον προσδιορισμό της κατεύθυνσης μέσα σε ένα GPS
- Την παρακολούθηση της κίνησης εντός των ηλεκτρονικών συσκευών χρήστη, όπως :
  - Κινητά τηλέφωνα
  - Τηλεχειριστήρια βιντεοπαιχνιδιού
- Σε βιομηχανίες για την υποστήριξη και τον υπολογισμό της θέσης εξοπλισμού όπως:
  - Οι κεραίες
- Σε αεροσκάφη χωρίς ή με πιλότο
- Σε συστήματα ψυχαγωγίας πτήσεων και εναέριου χώρου

Στο μέλλον, αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε:

- LiDAR
- GPS
- RF

Ο αισθητήρα IMU χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των μαγνητικών πεδίων, της γωνιακής ταχύτητας και της επιτάχυνσης συνδυάζοντας με το λογισμικό σύντηξης του αισθητήρα. Κλείνοντας ο εν λόγω αισθητήρας δύναται να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της κατεύθυνσης, της κίνησης και του προσανατολισμού[13].

### 3.6 Ο αισθητήρας Pressure

Ένας αισθητήρας πίεσης γνωστός και ως αισθητήρας pressure κατά κύριο λόγο μετρά τη φυσική ποσότητα πίεσης και στη συνέχεια τη μετατρέπει σε ένα τυποποιημένο ηλεκτρικό σήμα μέτρησης.

Στην εταιρία AnalogMicroelectronics κατασκευάζουν μια πληθώρα ηλεκτρονικών αισθητήρων πίεσης. Οι αισθητήρες υψηλής ποιότητας είναι ιδανικοί για κάθε είδους εφαρμογή που βασίζεται σε αξιόπιστες μετρήσεις[16]. Επίσης δύναται να χρησιμοποιηθεί για την έμμεση μέτρηση άλλων μεταβλητών όπως:

- ✓ Το υψόμετρο
- ✓ Η στάθμη του νερού
- ✓ Η ροή υγρού/αερίου
- ✓ Η ταχύτητα

Οι αισθητήρες πίεσης είναι γνωστοί και ως:

- ✓ Πομποί πίεσης
- ✓ Μανόμετρα
- ✓ Αποστολείς πίεσης
- ✓ Δείκτες πίεσης
- ✓ Πιεζόμετρα

✓ Μετατροπείς πίεσης

Οι αισθητήρες πίεσης μπορεί να διαφέρουν δραστικά σε τεχνολογία, σχεδιασμό, απόδοση, καταλληλότητα εφαρμογής και κόστος. Μπορεί να υπάρχουν περισσότερες από 50 τεχνολογίες και τουλάχιστον 300 εταιρείες που κατασκευάζουν αισθητήρες πίεσης. Υπάρχει επίσης μια κατηγορία αισθητήρων πίεσης που έχουν σχεδιαστεί για μέτρηση σε δυναμική λειτουργία για καταγραφή μεταβολών πίεσης πολύ υψηλής ταχύτητας. Παραδείγματα εφαρμογών για αυτόν τον τύπο αισθητήρα θα ήταν η μέτρηση της πίεσης καύσης σε έναν κύλινδρο κινητήρα ή σε έναν αεριοστρόβιλο. Αυτοί οι αισθητήρες συνήθως κατασκευάζονται από πιεζοηλεκτρικά υλικά όπως ο χαλαζίας.

Οι αισθητήρες πίεσης λειτουργούν ως διακόπτες πίεσης, που ενεργοποιούνται ή απενεργοποιούνται σε μια συγκεκριμένη πίεση.

### 3.6.1 Τύποι μετρήσεων πίεσης

➤ *Πιεζοαντιστατικοί αισθητήρες πίεσης πυριτίου*

Οι αισθητήρες πίεσης δύναται να ταξινομηθούν ως προς:

- Το εύρος πίεσης που μετρούν
- Το εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας
- Τον τύπο πίεσης που μετρούν

Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες είναι γνωστοί με διάφορα ονόματα ανάλογα με το σκοπό τους.

➤ *Αισθητήρας απόλυτης πίεσης*

Οι αισθητήρες απόλυτης πίεσης βρίσκουν εφαρμογές όπου απαιτείται σταθερή αναφορά, όπως:

- Οι βιομηχανικές εφαρμογές υψηλής απόδοσης
- Η παρακολούθηση αντλιών κενού

- Η μέτρηση πίεσης υγρού
- Η βιομηχανική συσκευασία
- Ο έλεγχος βιομηχανικών διεργασιών
- Η επιθεώρηση αεροπορίας [1].

➤ ***Αισθητήρας πίεσης μετρητή***

Ο συγκεκριμένος αισθητήρας μετρά την ατμοσφαιρική πίεση. Ένα μανόμετρο ελαστικών αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα μέτρησης πίεσης. Οι περισσότεροι αισθητήρες για μέτρηση έως 50 bar κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο.

➤ ***Αισθητήρας πίεσης κενού***

Ο εν λόγω αισθητήρας μετρά πιέσεις κάτω από την ατμοσφαιρική πίεση αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση της απόλυτης πίεσης σε σχέση με το κενό.

➤ ***Αισθητήρας διαφορικής πίεσης***

Ο εν λόγω αισθητήρας μετρά τη διαφορά μεταξύ δύο πιέσεων, μία συνδεδεμένη σε κάθε πλευρά του αισθητήρα. Οι αισθητήρες διαφορικής πίεσης χρησιμοποιούνται για:

- Τις πτώσεις πίεσης στα φίλτρα λαδιού
- Τα φίλτρα αέρα
- Τα επίπεδα υγρών
- Τους ρυθμούς ροής

➤ ***Σφραγισμένος αισθητήρας πίεσης*** Ο εν λόγω αισθητήρας έχει πολλές ομοιότητες με έναν αισθητήρα πίεσης μετρητή, διαφέρει όμως στο ότι μετρά την πίεση σε σχέση με κάποια σταθερή πίεση αντί για την ατμοσφαιρική πίεση του περιβάλλοντος[17].

---

# Κεφάλαιο 4: Απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών και έξυπνες συσκευές υγείας

---

## Εισαγωγή

Με την πάροδο των χρόνων και την εξέλιξη της τεχνολογίας ο τομέας της mHealth σημείωσε εξαιρετικά ανοδική πορεία. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο οι φορητές συσκευές κάτι που έκανε τις εταιρίες να προσπαθούν να βελτιώσουν ολοένα και περισσότερο τα προϊόντα τους. Οι φορητές συσκευές συνδέονται με μια εφαρμογή η οποία είναι εγκατεστημένη στις έξυπνες συσκευές λόγω χάρη σε smartphones. Μερικές από τις νέες τάσεις των φορητών συσκευών είναι :

### ❖ *Απομακρυσμένη Παρακολούθηση Ασθενούς*

Είναι οι συσκευές οι οποίες «προσέχουν» τους ασθενείς εξ αποστάσεως. Πιο συγκεκριμένα παρακολουθούν τον ασθενή και στέλνουν τα δεδομένα στον θεράποντα ιατρό μέσω ηλεκτρονικού μέσου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα παρακολούθησης είναι:

- ✓ Ο ύπνος
- ✓ Ο καρδιακός ρυθμός
- ✓ Οι σωματικές δραστηριότητες
- ✓ Οι μετρήσεις γλυκόζης
- ✓ Τα αποτελέσματα εξετάσεων αίματος
- ✓ Οι ιατρικές εικόνες

### ❖ *Αυξανόμενη χρήση tablet και smartphone*

Τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί σημαντικά η ζήτηση των tablet και smartphones. Σε αυτό καθοριστικό ρόλο έχουν παίξει οι εταιρείες ανάπτυξης εφαρμογών mHealth οι οποίες εκμεταλλεύονται αυτήν την άνοδο. Οι θεράποντες ιατροί χρησιμοποιούν κινητά τηλέφωνα με απώτερο σκοπό να επικοινωνούν με τον πάσχοντα. Με αυτό τον τρόπο ελέγχουν την υγεία τους εξ αποστάσεως. Υπάρχουν εταιρίες που ασχολούνται αποκλειστικά με την υγειονομική περίθαλψη και έχουν πρόσβαση στα αρχεία υγείας.

### ❖ *Μεγάλα δεδομένα*

Με τον όρο data αναφερόμαστε στα δεδομένα τα οποία παράγει η χρήση εφαρμογών και συσκευών mHealth. Στη συνέχεια θα αναφέρουμε ορισμένα από τα πλεονεκτήματα των μεγάλων δεδομένων τα οποία είναι:

- ✓ Απειροελάχιστα νοσοκομειακά τέλη
- ✓ Βέλτιστη αντιδραστική
- ✓ Βέλτιστη φροντίδα
- ✓ Καλύτερη ποιότητα ζωής
- ✓ Ελάχιστος χρόνος αναμονής
- ✓ Βελτιωμένη εξατομικευμένη θεραπεία
- ✓ Βέλτιστη ασφάλεια

### ❖ *Ενσωμάτωση IoT και AI*

Οι συσκευές IoT παίζουν καθοριστικό ρόλο στον εντοπισμό του ασθενή από τον θεράποντα ιατρό σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής του IoT αποτελεί η χρήση των οθονών γλυκόζης ως φορητές. Οι συσκευές αυτές συνδέονται με τις συσκευές εισπνοής, με αυτό τον τρόπο ο γιατρός κάνει πιο εύκολα τη διάγνωση του ασθενούς.

Πολύ σημαντικό ρόλο σε όλα αυτά έχει παίξει και η τεχνητή νοημοσύνη. Με τη βοήθεια της οποίας οι συσκευές:

- Μαθαίνουν
- Ανταποκρίνονται



- Αισθάνονται
- Κατανοούν

Τον τρόπο που να εκτελούνται τόσο διοικητικές όσο και ιατρικές λειτουργίες υγειονομικής περίθαλψης. Μερικές από τις φορητές εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης mHealth είναι:

- ✓ Εικονικοί βοηθοί νοσηλευτών
- ✓ Ελαχιστοποίηση σφαλμάτων δοσολογίας
- ✓ Προκαταρκτική διάγνωση
- ✓ Κυβερνοασφάλεια των εφαρμογών mHealth
- ✓ 5AR/VR
- ❖ *Προγνωστική Ανάλυση*

Πολύ σημαντικό ρόλο στην φροντίδα των ασθενών παίζει η προγνωστική ανάλυση. Η προγνωστική ανάλυση χρησιμοποιείται για:

- ✓ Γεω-χαρτογράφηση
- ✓ Εκτίμηση κινδύνου

Η εφαρμογή και η χρήση της προγνωστικής ανάλυσης εγκαίρως θα βοηθούσε:

- ✓ Στην πρόληψη της επιδείνωσης της υγείας των ασθενών
- ✓ Στην εξοικονόμηση ασθενών από αυτοτραυματισμό
- ✓ Στην επανεισδοχή ασθενών μετά από 30 ημέρες
- ✓ Σε λιγότερες εμφανίσεις κατά τη στιγμή των ραντεβού

#### **4.1 Τύποι φορητών συσκευών στο mHealth**

Οι φορητές συσκευές ουσιαστικά είναι φορητά είδη τα οποία δύναται να φορεθούν στο σώμα ή να προσκολληθούν στο δέρμα και τα ρούχα. Πιο συγκεκριμένα έχουν τη μορφή έμπλαστρου, τσιπ, ρολογιού και λωρίδων. Μερικά από τα πιο δημοφιλή wearables mHealth παρουσιάζονται στα επόμενα υποκεφάλαια που ακολουθούν.

#### 4.1.1 FitnessTrackers

Τα FitnessTracker αποτελούν την η πιο γνωστή μορφή φορητών συσκευών. Αναλυτικότερα η ζώνη γυμναστικής έχει ενσωματωμένους αισθητήρες οι οποίες δίνουν πληροφορίες που αφορούν :

- Τον καρδιακό ρυθμό
- Τις σωματικές δραστηριότητες
  - Ο αριθμός των βημάτων σε μια ημέρα
  - Μια υπενθύμιση για να πιείτε νερό

#### 4.1.2 Φορητά μόνιτορ ΗΚΓ

Μια φορητή οθόνη ΗΚΓ αποτελεί μια νέα προσθήκη στη γκάμα ηλεκτρονικών ειδών ευρείας κατανάλωσης. Η συγκεκριμένη φορητή οθόνη έχει την ικανότητα διαβίβασης σήματα καρδιάς με τη μορφή ηλεκτροκαρδιογράφου. Στην συνέχεια μετρήσεις αποστέλλονται στον γιατρό. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας συσκευής είναι το MoveECG από τις φορητές οθόνες ΗΚΓ το οποίο διακρίθηκε 2019.

#### 4.1.3 Έξυπνο ρολόι υγείας

Τα έξυπνα ρολόγια σχεδιάστηκαν με απώτερο σκοπό να μετρούν τα βήματα. Με την πάροδο των χρόνων έχουν ενσωματωμένα προηγμένα χαρακτηριστικά. Η Apple κυκλοφόρησε το MovementDisorderAPI που βοηθά πολύ σημαντικά στη νόσο του Πάρκινσον. Τα έξυπνα ρολόγια εμφανίζουν πληροφορίες όπως :

- Τα εισερχόμενα μηνύματα
- Τις κλήσεις, επιτρέποντας στον χρήστη να διαβάζει τις ειδοποιήσεις
- Να στέλνει μηνύματα

Παρόλο που δεν σχεδιάστηκαν αρχικά ως ιατρικές συσκευές τα έξυπνα ρολόγια γίνονται όλο και πιο σημαντικά στην υγειονομική περίθαλψη. Σε αυτό έχουν συμβάλει και οι

εφαρμογές και λειτουργίες που έχουν προστεθεί από τους κατασκευαστές (Apple, Google και Samsung).



Εικόνα 18: Φορητή συσκευή

[https://www.clevermarket.gr/proionta/exypna-proionta/exypna-ilektronika/exypna-kinita-smartwatch/roloi-piesometro-oxymetro-thermidometritis-vimatometritis-k-l-p-ena-epistimoniko-organo-ygeias-gia-osous-ependyoun-stin-ygeia-tous-activity-tracker-fitness-watch\\_88984/](https://www.clevermarket.gr/proionta/exypna-proionta/exypna-ilektronika/exypna-kinita-smartwatch/roloi-piesometro-oxymetro-thermidometritis-vimatometritis-k-l-p-ena-epistimoniko-organo-ygeias-gia-osous-ependyoun-stin-ygeia-tous-activity-tracker-fitness-watch_88984/)

Τον Σεπτέμβριο του 2020 το AppleWatchSeries 6 κυκλοφόρησε με μια νέα και καινοτόμα λειτουργία μέτρησης οξυγόνου στο αίμα. Η Apple ερευνά για να προσθέσει και επιπλέον λειτουργίες όπως λόγω χάρη αναπνευστικές παθήσεις. Η Σειράς 4 της Apple είναι κατάλληλη για ηχοκαρδιογράφημα (ΗΚΓ) με την βοήθεια ενός ηλεκτρικού αισθητήρα καρδιάς. Ο εν λόγω αισθητήρας ελέγχει:

- ✓ Τον ακανόνιστο ρυθμό
- ✓ Την κολπική μαρμαρυγή - AFib
- ✓ Άλλα προβλήματα καρδιά

#### 4.1.4 Φορητές οθόνες BP

Το πρώτο φορητό πιεσόμετρο κυκλοφόρησε το 2019 από την OmronHealthcare. Το εν λόγω όργανο παρακολούθησης ΒΡαποτελεί ένα παλμομετρικό όργανο παρακολούθησης BP που μετρά:

- Την απόσταση
- Τα βήματα
- Τις θερμίδες
- Την αρτηριακή πίεση



**Εικόνα 19: Φορητή συσκευή BP**

<http://gr.queenmeds.com/arm-blood-pressure-monitor/58663637.html>

Η συσκευή δύναται να αποθηκεύσει 100 μετρήσεις στη μνήμη.

#### 4.1.5 Βιοαισθητήρες

Μία από τις πιο σημαντικές καινοτομίες στη βιομηχανία φορητών συσκευών αποτελούν οι βιοαισθητήρες. Οι βιοαισθητήρες λειτουργούν ως ένα αυτοκόλλητο έμπλαστρο που θα επιτρέπει στους ασθενείς να εκτελούν τις καθημερινές τους εργασίες με τον ίδιο ρυθμό. Πιο συγκεκριμένα:

- Κρατούν αρχείο
- Παρακολουθούν τον καρδιακό ρυθμό
- Παρακολουθούν τη θερμοκρασία
- Παρακολουθούν τη φυσική κίνηση
- Παρακολουθούν τον αναπνευστικό ρυθμό.

Αυτές οι συσκευές, οι οποίες είναι μικρές και ελαφριές και φοριούνται στο σώμα με απώτερο σκοπό να παρακολουθούν ζωτικά σημεία. Το 2020 η Philips ανακοίνωσε την έγκριση FDA και σήμανση CE για έναν φορητό ασύρματο βιοαισθητήρα. Ο εν λόγω βιοαισθητήρας βοήθησε εξαιρετικά στην παρακολούθηση ασθενών με Covid-19.



**Εικόνα18: Το Philips Biosensor BX100**

<https://www.healthcareitnews.com/news/philips-wearable-biosensor-could-help-reduce-covid-19-transmission-risks>

#### **4.1.6 Έξυπνα ρούχα που φοριούνται στο σώμα**

Μια ακόμη καινοτομία στην τεχνολογία φορητών συσκευών mHealth αποτελούν τα έξυπνα ρούχα που φοριούνται στο σώμα. Η εν λόγω καινοτομία απαιτεί εφαρμογές για:

- Κινητές συσκευές
- Μεγάλα δεδομένα
- Μηχανική εκμάθηση
- Υπολογιστικό νέφος

Τα έξυπνα ρούχα χρησιμοποιούνται για:

- Την καταγραφή του αριθμού φυσιολογικών σημάτων με τη μορφή ψηφιακών δεδομένων

- Μη αποτελεσματικά για χρόνιες παθήσεις
- Όλοι οι αισθητήρες που χρειάζονται για την παρακολούθηση των ζωτικών στοιχείων των ασθενών απαιτούν ακριβή ενσωμάτωση με υφασμάτινα ρούχα

Ολοκληρώνοντας την αναφορά μας αξίζει να επισημάνουμε ότι οι φορητές συσκευές βοηθούν στη μείωση των επισκέψεων στα νοσοκομεία και την παροχή άμεσης φροντίδας των ασθενών. Με αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση των συνολικών δαπανών υγειονομικής περίθαλψης[14].

#### 4.1.7 Εικονικά νοσοκομεία/θάλαμοι

Με τη βοήθεια της έξυπνης τεχνολογίας και των συνδεδεμένων ιατρικών wearables έχουν δημιουργηθεί κατάλληλα «εικονικά» νοσοκομεία τα οποία λειτουργούν και παρέχουν τις υπηρεσίες τους χωρίς να απαιτείται να βρεθεί ο ασθενής εκεί, λειτουργούν εξ αποστάσεως. Με αυτό τον τρόπο δεν υπάρχει συνοστισμός στα νοσοκομεία και ελευθερώνεται έτσι ζωτικός χώρος κρεβατιού για ασθενείς που χρειάζονται πραγματικά πιο εντατική Φροντίδα.



Εικόνα 20: Εικονικό νοσοκομείο

<https://healthstories.gr/ygeia-health/healthtech/3537/ti-pisteyoun-oi-astheneis-gia-tin-eikoniki-perithalpsi/>

Στο Σίδνεϊ, το Εικονικό Νοσοκομείο RPA έγινε το πρώτο εικονικό νοσοκομείο της Νέας Νότιας Ουαλίας το οποίο λειτούργησε για πρώτη φορά κατά την πανδημία Covid-19 στην

Αυστραλία. Το εν λόγω νοσοκομείο παρέχει εξ αποστάσεως φροντίδα σε ασθενείς κορονοϊού. Πιο συγκεκριμένα με τη χρήση κατάλληλων παλμικών οξύμετρων μετρούσαν το οξυγόνο στο σώμα των ασθενών καθώς επίσης και των καρδιακών παλμών και τη θερμοκρασία του σώματος. Στη συνέχεια τα δεδομένα μεταδίδονται μέσω της κατάλληλης εφαρμογής στο εικονικό νοσοκομείο.

Στην Αγγλία το NorthamptonGeneralNHSTrust πραγματοποίησε μια δοκιμή η οποία περιελάμβανε τη συνεργασία με μια νέα εταιρεία εικονικής νοσοκομειακής περίθαλψης η οποία φρόντιζε για την εξ αποστάσεως παρακολούθηση ασθενών με Covid-19 και ασθενών με χρόνιες ασθένειες.

#### 4.1.8 Έξυπνα θερμομέτρα

Μια πολύ δημοφιλής εφαρμογή κατά τη διάρκεια της πανδημίας του κορονοϊού αποτέλεσε το έξυπνο θερμομέτρο. Μέσω μιας εφαρμογής της ονομαζόμενης Kinsa συγκεντρώνονταν τα δεδομένα από το «δίκτυο» έξυπνων θερμομέτρων σε όλες τις Ηνωμένες Πολιτείες με τη μορφή ενός χάρτη. Ο εν λόγω χάρτης καταγράφει συστάδες υψηλών θερμοκρασιών οι οποίες δύναται να περιγράψουν που είναι πιο έντονη η πανδημία.



Εικόνα 21: Έξυπνο θερμομέτρο

<https://www.fatsules.gr/agu-eksipno-thermometro-me-uperithres.html>

Συμπερασματικά προκύπτει λοιπόν ότι μια νέα εφαρμογή της έξυπνης τεχνολογίας: όχι μόνο μπορεί να προσφέρει δεδομένα και γνώσεις σε ατομικό επίπεδο αλλά και σε συλλογικό επίπεδο. Ο Covid-19 δεν είναι η μόνη ασθένεια συνεπώς το θερμόμετρο βοηθάει στην παρακολούθηση λοιμώξεων. Τα έξυπνα θερμόμετρα καθώς επίσης και οι εφαρμογές δύναται να βοηθήσουν τους χρήστες να βρουν λύσεις για το πώς να θεραπεύουν ασθένειες παρέχοντας συμβουλές με βάση:

- ✓ Η ηλικία
- ✓ Τα πρόσθετα συμπτώματα

Κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τους γονείς. Με τη βοήθεια τόσο των έξυπνων θερμομέτρων όσο και των κατάλληλων εφαρμογών μπορούν εύκολα να κατανοήσουν πόσο σοβαρή είναι μια ασθένεια ή ποια συμπτώματα θα πρέπει να προσέχουν. Ολοκληρώνοντας την αναφορά μας αξίζει να αναφέρουμε ότι οι εφαρμογές έξυπνων θερμομέτρων παρέχουν την κοινή χρήση δεδομένων με έναν γιατρό και μπορούν να συλλέγουν αρχεία καταγραφής ώστε να παρακολουθούν τόσο την υγεία όσο και τα συμπτώματα.

#### **4.1.9 Συνδεδεμένες συσκευές εισπνοής**

Αναπνευστικές παθήσεις όπως το άσθμα και η ΧΑΠ δηλαδή η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια είναι συνήθως αντιμετωπίσιμες με τη θεραπεία. Βέβαια θα πρέπει να υπάρχει συμμόρφωση σε ένα συνταγογραφούμενο θεραπευτικό σχέδιο. Διότι μπορεί εύκολα να γίνει κατανοητό ότι η ανεπαρκής παρακολούθηση της νόσου δύναται να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα.

#### **4.1.10 Βοήθεια στους ηλικιωμένους**

Όταν οι ηλικιωμένοι ζουν μόνοι υπάρχουν σοβαροί κίνδυνοι για την υγεία τους όπως λόγω χάρη ατύχημα, μια πτώση. Σε μια τέτοια περίπτωση δεν μπορούν να λάβουν βοήθεια ή υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να ξεχάσουν να πάρουν τα φάρμακα τους.

Το IoT παρέχει μια σειρά από πιθανές λύσεις σε αυτό το πρόβλημα. Ουσιαστικά δίνει τη δυνατότητα της ανεξαρτησίας των ηλικιωμένων. Με αυτό τον τρόπο ουσιαστικά λαμβάνουν τη βοήθεια που μπορεί να χρειαστούν σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα έκτακτης ανάγκης τα δύο τελευταία χρόνια αποτέλεσε η πανδημία.

Η διαθέσιμη τεχνολογία αφορά φορητά μενταγιόν τα οποία έχουν την ικανότητα ανίχνευσης πτώσης αλλά και πιο εξελιγμένα συστήματα παρακολούθησης. Τα πιο εξελιγμένα



συστήματα παρακολούθησης ουσιαστικά απομνημονεύουν τις κινήσεις και τις συνήθειες ενός ηλικιωμένου και σε περίπτωση που παρατηρήσουν κάτι διαφορετικό από τα καθημερινά που έχουν ήδη απομνημονεύσει ειδοποιούν άμεσα κάποιο συγγενικό πρόσωπο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός τέτοιου συστήματος αποτελείτο σύστημα απομακρυσμένης παρακολούθησης GrandCare. Το εν λόγω σύστημα παρακολούθησης συνδέεται με άλλες συσκευές τηλευγείας όπως:

- ✓ Παλμικό οξύμετρα
- ✓ Θερμόμετρα
- ✓ Πιεσόμετρα[15]

#### 4.1.11 Συστήματα αυτοματοποιημένης παροχής ινσουλίνης (AID)

Τα συστήματα αυτοματοποιημένης παροχής ινσουλίνης έχουν βοηθήσει εξαιρετικά άτομα που πάσχουν από διαβήτη. Τα συστήματα παροχής ινσουλίνης κλειστού βρόχου λειτουργούν συνδυαστικά με συνεχείς συσκευές παρακολούθησης γλυκόζης. Δηλαδή συσκευές που παρακολουθούν τα επίπεδα σακχάρου στο αίμα του σώματος για να καθορίσουν πόση ινσουλίνη χρειάζεται.



Εικόνα 22: Σύστημα αυτόματης παροχής ινσουλίνης

<https://www.makingdiabeteseasier.com/nl/producten-ondersteuning/control-iqtm-technologie>

## 4.2 lab-on-a-chip

Η πρόοδος στον τομέα της νανοτεχνολογίας έχει βοηθήσει στην ανάπτυξη μικροσκοπικών συσκευών που ονομάζονται lab-on-a-chip. Η εν λόγω τεχνολογία ασχολείται με εργαστηριακά πειράματα τα οποία πραγματοποιούνται σε μικρή κλίμακα. Η τεχνολογία LOC επιτρέπει τη χρήση μικρού όγκων υγρών κατάλληλα για:

- Τη μείωση του κόστους
- Της ανάλυσης των αντιδραστηρίων
- Του χρόνου απόκρισης

Επιπροσθέτως βοηθάει στη μείωση της ποσότητας των χημικών αποβλήτων. Επιπλέον αξίζει να προσθέσουμε ότι βρίσκουν εφαρμογή στον τομέα της διάγνωσης όπως λόγου χάρη σε διαγνωστικές συσκευές σε ιατρεία ή σε χώρους που έχουν περιορισμένη ή καθόλου πρόσβαση σε εργαστηριακές εγκαταστάσεις[18]. Οι ερευνητές πιστεύουν πως θα βοηθήσει εξαιρετικά στον τομέα της υγείας και έχουν ως στόχο τη δημιουργία μικροτσίπς και θα βοηθάει τους γιατρούς σε μικροβιολογικές αναλύσεις καλλιέργειας, ανοσολογικές αναλύσεις και αναλύσεις νουκλειικών οξέων χωρίς εργαστηριακή υποστήριξη.

Τα labsonchip παρέχουν πολλά πλεονεκτήματα μερικά εκ των οποίων είναι:

- Η χαμηλή κατανάλωση όγκων υγρών
- Οι ταχύτεροι χρόνοι ανάλυσης και απόκρισης λόγω:
  - Μικρών αποστάσεων διάχυσης
  - Γρήγορης θέρμανσης
  - Μικρών θερμοχωρητικότητας
- Ο καλύτερος έλεγχος διεργασιών λόγω ταχύτερης απόκρισης του συστήματος
- Τα συμπαγή συστήματα λόγω ενσωμάτωσης πολλών λειτουργιών
- Η ανάλυση υψηλής απόδοσης
- Το χαμηλότερο κόστος κατασκευής
- Η ποιότητα των τμημάτων μπορεί να επαληθεύεται αυτόματα
- Η ασφαλέστερη πλατφόρμα για χημικές, ραδιενεργές ή βιολογικές μελέτες

Εκτός όμως από την πληθώρα πλεονεκτημάτων έχουν και αρκετά μειονεκτήματα. Μερικά από τα πιο σημαντικά μειονεκτήματα των labsonchip είναι τα εξής:

- Η πολύπλοκη διαδικασία
- Ο ακριβός εξοπλισμός
- Το εξειδικευμένο προσωπικό
- Αποτελούν νέες εφαρμογές άρα δεν έχουν αναπτυχθεί πλήρως για ευρεία χρήση
- Απαιτούνται περισσότερες επικυρώσεις πριν από την πρακτική εφαρμογή
- Έχουν χαμηλό λόγο σήματος προς θόρυβο

Η τεχνολογία Labonchip μπορεί να προσφέρει πολλά στην υγεία. Σε χώρες με λίγους πόρους υγειονομικής περίθαλψης οι κλινικές είναι αρκετά φτωχές και ενώ διαθέτουν τα φάρμακα για τη θεραπεία μιας συγκεκριμένης ασθένειας δεν διαθέτουν τα διαγνωστικά εργαλεία για τον εντοπισμό. Ερευνητές πιστεύουν ότι η τεχνολογία LOC μπορεί να είναι η λύση για νέα διαγνωστικά όργανα. Στόχος των ερευνητών αυτών είναι να δημιουργήσουν μικρορευστικά τσιπ που θα επιτρέπουν στους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης να εκτελούν διαγνωστικές εξετάσεις λόγω χάρη:

- ✓ Μικροβιολογικές αναλύσεις καλλιέργειας
- ✓ Ανοσολογικές αναλύσεις
- ✓ Αναλύσεις νουκλεϊκών οξέων

Ολοκληρώνοντας την αναφορά μας θα επισημάνουμε ότι για να χρησιμοποιηθούν τα τσιπ σε περιοχές με περιορισμένους πόρους πρέπει να ξεπεραστούν πολλές προκλήσεις. Τα αντιδραστήρια που συνοδεύουν το τσιπ πρέπει να είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να παραμένουν αποτελεσματικά για μήνες ακόμη και αν το τσιπ δεν φυλάσσεται σε κλιματικά ελεγχόμενο περιβάλλον. Τέλος είναι πολύ σημαντικό οι σχεδιαστές των τσιπ πρέπει να λάβουν υπόψη:

- ✓ Το κόστος των υλικών
- ✓ Την επεκτασιμότητα των υλικών
- ✓ Την ανακυκλωσιμότητα των υλικών[22].

# Κεφάλαιο 5: Πειραματικό μέρος

---

## 5.1 Το MySignals

Με τον όρο Mysignals αναφερόμαστε σε μια πλατφόρμα ανάπτυξης που χρησιμοποιείται για ιατρικές συσκευές και εφαρμογές ηλεκτρονικής υγείας. Δίνει τη δυνατότητα να αναπτύξετε τις διαδικτυακές σας εφαρμογές eHealth ακόμα και να προσθέσετε δικούς σας αισθητήρες για κατασκευή ιατρικών συσκευών. Επιτρέπει την μέτρηση πάνω από 20 βιομετρικές παραμέτρους όπως:

- Επίπεδα γλυκόζης
- Αρτηριακή πίεση
- Παλμό
- Χωρητικότητα πνευμόνων
- Ρυθμός αναπνοής
- Οξυγόνο στο αίμα
- Σήματα ηλεκτροκαρδιογραφήματος
- Ροή αέρα
- Σήματα ηλεκτρομυογραφίας μυών
- Απόκριση δέρματος
- Κύματα ροχαλητού
- Θέση ασθενούς
- Παραμέτρους σωματικής κλίμακας

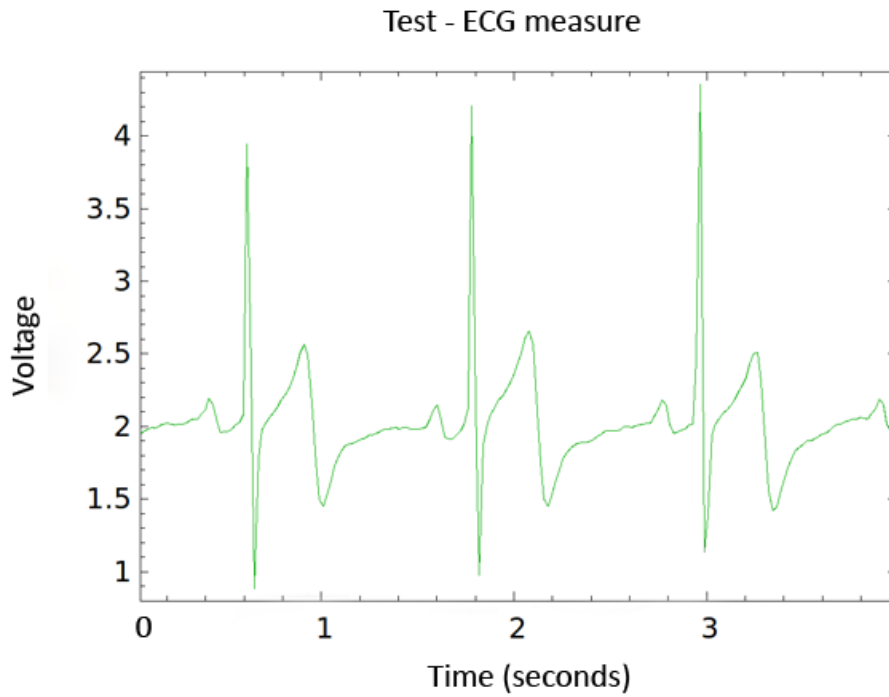
Τα δεδομένα που συλλέγονται κρυπτογραφούνται και αποστέλλονται στον ιδιωτικό λογαριασμό του χρήστη στο LibeliumCloud μέσω WiFi ή Bluetooth και μπορούν να οπτικοποιηθούν σε tablet ή έξυπνο τηλέφωνο με εφαρμογές Android ή iPhone.

Το Libelium παρέχει ένα API στους προγραμματιστές για να έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες. Το CloudAPI καθιστά εφικτή την πρόσβαση στον ιδιωτικό λογαριασμό του χρήστη και μπορεί να κάνει λήψη των πληροφοριών που έχουν ήδη αποθηκευτεί. Τα προϊόντα αυτά δεν είναι ιατρικές συσκευές, ούτε προορίζονται για ιατρική διάγνωση και θεραπεία, επομένως δεν προορίζονται να αγοραστούν από τελικούς χρήστες, αλλά από προγραμματιστές και ερευνητές.

## 5.2 Το πείραμα μας

Στο δικό μας πείραμα χρησιμοποιήσαμε αισθητήρες ECG, EMG. Ο αισθητήρας ηλεκτροκαρδιογραφήματος εξελίχθηκε σε ένα από τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα ιατρικά τεστ. Η χρησιμότητά του στη διάγνωση καρδιακών παθολογιών είναι ανεκτίμητη για τους κλινικούς γιατρούς. Η ακρίβεια του ΗΚΓ εξαρτάται από την κατάσταση που εξετάζεται γιατί ένα καρδιακό πρόβλημα μπορεί να μην εμφανίζεται στο ΗΚΓ. Κάποιες από τις καρδιακές παθήσεις δεν προκαλούν συγκεκριμένες αλλαγές στο ΗΚΓ.

**Περιγραφή:** Το ηλεκτροκαρδιογράφημα είναι διαγνωστικό εργαλείο κατάλληλο για την αξιολόγηση των ηλεκτρικών και μυϊκών λειτουργιών της καρδιάς. Ο αισθητήρας χρησιμοποιεί «Ηλεκτροκαρδιογράφημα συνεχούς τηλεμετρίας». Ο αισθητήρας συνδέεται σε συγκεκριμένη υποδοχή στην πλακέτα του MySignals και λειτουργεί με άμεση τροφοδοσία σύνδεσης.

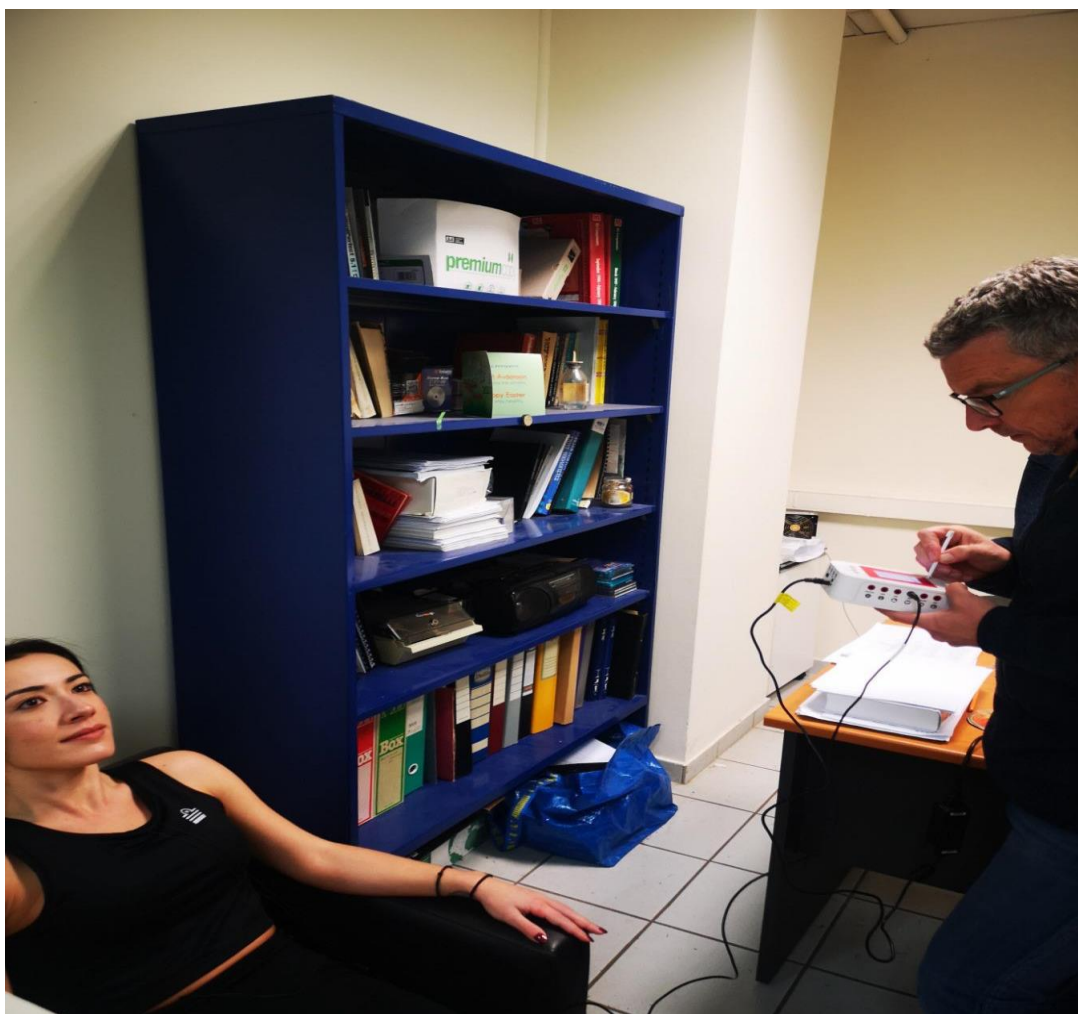


**Εικόνα 23: Μετρήσεις καρδιογραφήματος**

Το γράφημα απεικονίζει τις μετρήσεις και συνεπώς τα αποτελέσματα για ένα καρδιογράφημα ενός υγιούς ανθρώπου. Στις παρακάτω εικόνες θα δείτε τον αισθητήρα ECG να τοποθετείται και να εφαρμόζεται από εμάς.



Εικόνα 24: Αισθητήρας ECG



**Εικόνα 25: Εφαρμογή αισθητήρα ECG**





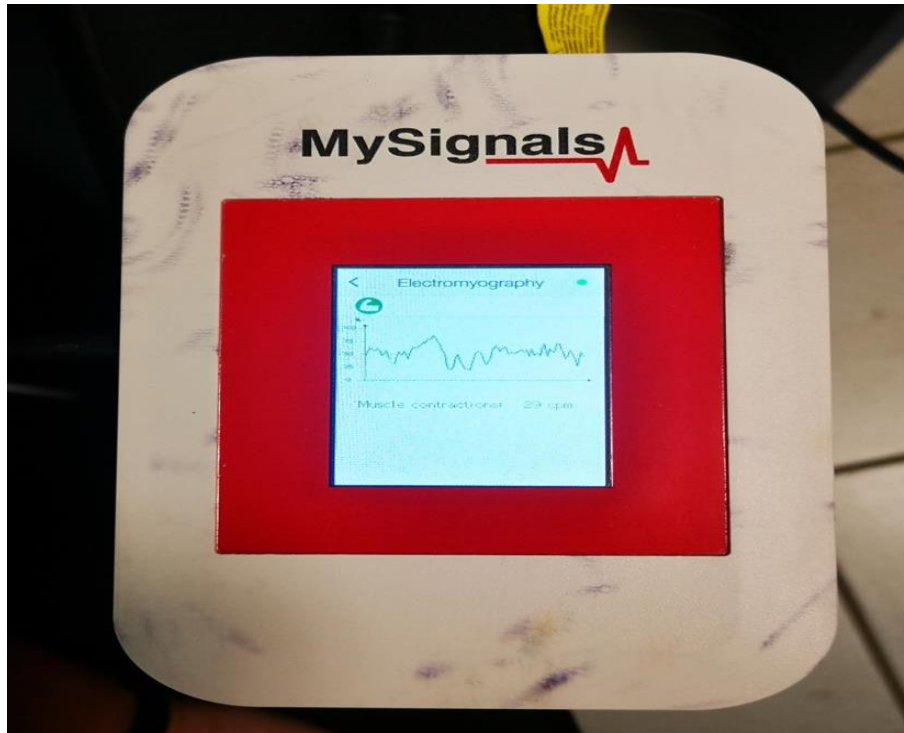
**Εικόνα 26: Εφαρμογή αισθητήρα ECG**



**Εικόνα 27: Αποτελέσματα αισθητήρα**

**<https://www.cooking-hacks.com/mysignals-hw-ehealth-medical-biometric-iot-platform-arduino-tutorial.html>**

Η ηλεκτρομυογραφία (EMG) είναι μια ηλεκτροδιαγνωστική ιατρική τεχνική που αξιολογεί και καταγράφει τις ηλεκτρικές δραστηριότητες που παράγεται από τους σκελετικούς μύες. Το ΗΜΓ πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας ενός ηλεκτρομυογράφου για την παραγωγή ενός αρχείου που ονομάζεται ηλεκτρομυογράφημα. Ο ηλεκτρομυογράφος εντοπίζει το ηλεκτρικό δυναμικό που σχηματίζεται από τα μυϊκά κύτταρα όταν αυτά ενεργοποιούνται. Τα σήματα αυτά αναλύονται για τον εντοπισμό ιατρικών ανωμαλιών. Η εξέταση ΗΜΓ έχει πολλές βιοϊατρικές και κλινικές εφαρμογές. Το ΗΜΓ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ερευνητικό εργαλείο για τη μελέτη της κινησιολογίας και των διαταραχών του κινητικού ελέγχου ή ως διαγνωστικό εργαλείο για τον εντοπισμό νευρομυϊκών παθήσεων. Τα σήματα ΗΜΓ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καθοδηγήσουν ενέσεις αλλαντοτοξίνης, φαινόλης στους μύες και επίσης ως σήμα ελέγχου για προσθετικές συσκευές όπως προσθετικά χέρια, και κάτω άκρα. Το Επιφανειακό ΗΜΓ αξιολογεί τη μυϊκή λειτουργία καταγράφοντας τη δραστηριότητα του μυός από την επιφάνεια πάνω από τον μυ στο δέρμα. Το EMG επιφάνειας είναι σε θέση να καταγραφεί από ένα ζεύγος ηλεκτροδίων ή από μια πιο σύνθετη διάταξη πολλαπλών ηλεκτροδίων. Πάνω από ένα ηλεκτρόδια απαιτούνται επειδή οι καταγραφές EMG εμφανίζουν τη διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο ξεχωριστών ηλεκτροδίων. Οι περιορισμοί της προσέγγισης είναι το γεγονός ότι οι καταγραφές των επιφανειακών ηλεκτροδίων περιορίζονται σε επιφανειακούς μύες, επηρεάζονται από το βάθος του υποδόριου ιστού το οποίο μπορεί να είναι μεταβλητό ανάλογα με το βάρος του ασθενούς και έτσι δεν μπορεί να γίνει αξιόπιστη διάκριση μεταξύ των εκκενώσεων των παρακείμενων μυών. Ο αισθητήρας μετρά την ηλεκτρική δραστηριότητα ενός μυός, ανάλογα με την ποσότητα δραστηριότητας στον επιλεγμένο μυ. Χρησιμοποιούμε τους μύες μας για να ελέγξουμε κάθε τύπο ενεργοποιητή. Ο αισθητήρας αυτός συνοδεύεται με όλα όσα χρειαζόμαστε για να αρχίσουμε να αντιλαμβανόμαστε τη μυϊκή δραστηριότητα με τη βοήθεια του Arduino.



Εικόνα 28: Αποτελέσματα μετρήσεων αισθητήρα

<https://www.cooking-hacks.com/mysignals-hw-ehealth-medical-biometric-iot-platform-arduino-tutorial.html>

### 5.3 RehaGaitAnalyser

Οι γιατροί προσπαθούσαν καιρό να βρουν αξιόπιστους τρόπους τεκμηρίωσης και ερμηνείας της κίνησης στην υγεία και τις ασθένειες. Το RehaGaitAnalyser είναι ένα προϊόν που σχεδιάστηκε για να κάνει την ανάλυση βάδισης. Είναι ένα εύχρηστο, έγκυρο σύστημα ανάλυσης βάδισης ιδανικό για την τεκμηρίωση της προόδου του ασθενούς χωρίς την πολυπλοκότητα πολλών συστημάτων. Στόχος της κλινικής ανάλυσης βάδισης είναι να βοηθήσει στη λήψη αποφάσεων για τη θεραπεία, η οποία είναι μια διαδικασία όπου μετρώνται τα χαρακτηριστικά βάδισης, εντοπίζονται ανωμαλίες, υποβάλλονται τα αίτια και προτείνονται θεραπείες. Αναφέρεται είτε σε γιατρούς είτε σε θεραπευτές ή εκπαιδευτές παρέχοντας αντικειμενική και εξοικονομώντας χρόνο αξιολόγηση των κινητικών διαταραχών. Το σύστημα αυτό έχει πιστοποίηση και χρησιμοποιείται σήμερα ως ένα ιατρικό προϊόν σε τομείς αποκατάστασης για τη θεραπεία περιορισμών βάδισης και κίνησης.

### 5.3.1 Πεδία Εφαρμογής

Το RehaGaitAnalyzer είναι ιδανικό για ποσοτικές αξιολογήσεις σε νευρολογικές, ορθοπεδικές και μυοσκελετικές εφαρμογές. Τα παρακάτω παραδείγματα είναι στερεότυπα για τις διάφορες συνθήκες. Θα μπορούσαμε να αναγνωρίσουμε τις περιγραφές, αλλά φανταστείτε εάν μπορούμε να ποσοτικοποιήσουμε αυτά τα πολύπλοκα μοτίβα κίνησης και να παρατηρήσουμε αλλαγές ως αποτέλεσμα των θεραπευτικών μας παρεμβάσεων; Κάποιες από τις λειτουργίες του είναι για ανίχνευση των παρακάτω ασθενειών.

- Ημιπληγικό βάδισμα (εγκεφαλικό)
- Πάρκινσον
- Νευροπαθητικό βάδισμα

### 5.3.2 Τεχνικές πτυχές - Τεχνολογία αισθητήρων

Το σύστημα χρησιμοποιεί τριαξονικά επιταχυνσιόμετρα, γυροσκόπια και μαγνητόμετρα. Ο αισθητήρας είναι μια αδρανειακή μονάδα μέτρησης που ελέγχεται από έναν μικροελεγκτή. Μπορεί να ενσωματωθεί σε δίκτυο αισθητήρων μέσω Bluetooth. Η γραμμική επιτάχυνση καθώς και η γωνιακή ταχύτητα σύνθετων ακολουθιών κίνησης μπορούν να καταγραφούν με υψηλούς ρυθμούς δειγματοληψίας έως και 600 Hz. Εμείς χρησιμοποιήσαμε την έκδοση AnalyzerPro περιλαμβάνει 7 αισθητήρες κίνησης που είναι στερεωμένοι στα πόδια, τους κορμούς, τους μηρούς και τον κορμό. Το σύστημα ανάλυσης επικεντρώνεται στις πτυχές του περπατήματος, οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν ως δείκτης για την ποιότητα της βάρδισης. Κατά το περπάτημα, μετριέται η κίνηση του ποδιού, ειδικά τα μοτίβα επιτάχυνσης και γωνιακής ταχύτητας που εμφανίζονται. Οι παράμετροι βάρδισης αντιπροσωπεύουν ένα μέτρο για την ποιότητα βάρδισης και ελέγχονται για συμμόρφωση με συγκεκριμένα φυσιολογικά εύρη. Οι συμμετρίες αριστερά-δεξιά υπολογίζονται για όλες τις δίποδες παραμέτρους.

Το RehaGait Analyzer Pro αναγνωρίζει:

- Συχνότητα διασκελισμού
- Μήκος διασκελισμού
- Αριθμός βημάτων
- Μεταβλητότητα του κύκλου χωρικής και χρονικής βάρδισης
- Φάσεις τρεξίματος

- Ταχύτητα
- Η γωνία του ποδοσφαίρου
- Απόσταση από το έδαφος
- Γωνία άρθρωσης αστραγάλου
- Γωνία άρθρωσης γόνατος
- Γωνία άρθρωσης ισχίου
- Φάσεις περπατήματος
- Περίοδος

### 5.3.3 Ανάλυση δεδομένων

Πολλές παράμετροι, όπως η διάρκεια, η συχνότητα, το μήκος βήματος και ο αριθμός των βημάτων, καθώς και η μεταβλητότητα του κύκλου βάδισης, η ταχύτητα, οι φάσεις βάδισης και τρεξίματος, η γωνία του ποδιού, η απόσταση από το έδαφος και η περιφορά, μπορούν να αξιολογηθούν χρησιμοποιώντας τον Αναλυτή RehaGait λογισμικό.

### 5.3.4 Δίποδες παράμετροι

Για όλες τις δίποδες παραμέτρους, οι δείκτες συμμετρίας υπολογίζονται και εμφανίζονται γραφικά. Επιπλέον, εμφανίζεται η συμμετρία των φάσεων βάδισης στην πορεία του χρόνου. Η κινηματική του ύψους του ποδιού, της περιφοράς και των γωνιών των αρθρώσεων εμφανίζονται γραφικά και μια βαθμολογία που εξαρτάται από την τιμή αναφοράς επιτρέπει μια γρήγορη και σαφή αξιολόγηση των επιλεγμένων παραμέτρων βάδισης. Η τρισδιάστατη προβολή παρέχει τη δυνατότητα εξέτασης του μοτίβου βάδισης των ασθενών από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Με τη λειτουργία βίντεο, ο ασθενής μπορεί να κινηματογραφηθεί κατά τη διάρκεια μιας μέτρησης. Είναι δυνατό να εκτιμηθεί αντικειμενικά η τρέχουσα βάδιση του ασθενούς και να εντοπιστούν αλλαγές στο πρότυπο βάδισης στην πρόοδο της θεραπείας με τακτικά επαναλαμβανόμενες μετρήσεις. Επιπλέον, ένας θεραπευτής μπορεί να συγκρίνει δύο μετρήσεις (pre-post σύγκριση) ενός ασθενούς μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα[23][24]. Παρακάτω θα δείτε τις δικές μας δοκιμές και τα αποτελέσματα μετά την εφαρμογή μέσω του προγράμματος.



Εικόνα 29: Δοκιμές και αποτελέσματα πειράματος



**Εικόνα 30: Αρχικές μετρήσεις σώματος**



**Εικόνα 31: Το πείραμα μας**



## 5.4 Αποτελέσματα πειράματος

Η εικόνα που ακολουθεί περιλαμβάνει βασικές πληροφορίες του ασθενή όπως όνομα, ημερομηνία γέννησης, βάρος, ύψος, το είδος της άσκησης, τη ανάλυση βήματος, την ανάλυση απόστασης που βάδισε, την στάση, την μονή και τη διπλή στήριξη.

HASOMED  
RehaGait®

Patient: Anastasia Papaiwannou

### Report page 1/10

Patient			
Name	Anastasia Papaiwannou		
Date of birth	01/07/1995		
Body height	163 cm		
Gender	female		
Notes	Normal subject		

Measurement			
Date	08/02/2022 14:26:26		
Location			
Underground	Ground		
Movement	Walk		
Therapist			
Notes	normal speed		

Basic parameters			
Measurement duration	14.67 s		--
Analysed steps	6	6	--
Analysed distance	6.57 m		--
Stride duration	1.30 s		0.92..1.27 s
Stride length	1.09 m		0.94..1.44 m
Velocity	0.84 m/s		--
Cadence	92.38 /min		93.71..116.88 /min
Foot touch	Heel foot		--
Pronation type	Neutral	Neutral	--

Gait phases general			
Stance	65.87 %	64.83 %	55.31..65.61 %
Swing	34.13 %	35.17 %	34.50..43.85 %
Single support	35.05 %	34.13 %	34.50..43.85 %
Double support	13.72 %	15.57 %	8.04..14.20 %

Η εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζει τα αποτελέσματα των ελάχιστων και των μέγιστων των γωνιών άρθρωσης του αστράγαλου, των ελάχιστων και μέγιστων των γωνιών άρθρωσης των ελάχιστων και μέγιστων γωνιών άρθρωσης του ισχίου, τη γωνία πρόσκρουσης φτέρνας, την γωνία των δαχτύλων, το μέγιστο ύψος ποδιού και τη συμμετρία. Με πράσινο εμφανίζοντας τα φυσιολογικά αποτελέσματα και με κόκκινο τα μη φυσιολογικά.



Patient: Anastasia Papaiwannou

Report page 2/10

Gait phases Perry			
Loading response	13.72 %	15.57 %	7.01..15.18 %
Mid stance	24.46 %	28.36 %	21.42..38.23 %
Terminal stance	12.33 %	7.66 %	-0.25..29.05 %
Pre-swing	15.57 %	13.72 %	7.01..15.18 %
Combined swing	34.13 %	35.17 %	34.50..43.85 %

Angles			
Min. Ankle joint angle	-13.67 °	-13.25 °	-37.17..-2.45 °
Max. Ankle joint angle	12.09 °	12.93 °	2.35..21.27 °
Min. Knee joint angle	-4.89 °	-6.81 °	-7.83..0.65 °
Max. Knee joint angle	54.09 °	62.97 °	33.89..55.71 °
Min. Hip joint angle	-27.00 °	-27.60 °	-41.33..-19.39 °
Max. Hip joint angle	14.63 °	17.24 °	-1.56..15.35 °
Heel strike angle	22.37 °	24.79 °	11.18..28.12 °
Toe off angle	-54.95 °	-61.17 °	-66.35..-29.74 °

Distances			
Max. foot height	0.12 m	0.14 m	0.05..0.28 m
Max. circumduction	0.02 m	0.04 m	-0.02..0.07 m
Type of circumduction	convex	convex	--

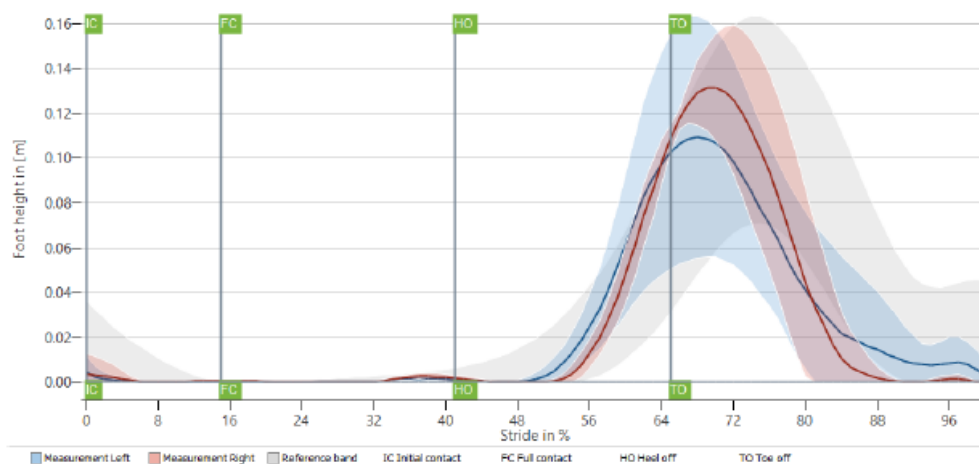
Symmetry	
Heel strike angle	5.72
Toe off angle	6.79
Max. foot height	2.47
Max. circumduction	9.96
Stance	-4.06
Swing	4.47
Single support	-3.94

Το γράφημα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από του ύψος του ποδιού. Με μπλε εμφανίζεται η μέτρηση του αριστερού ποδιού, με κόκκινο η μέτρηση του δεξιού ποδιού, με γκρι η αναφορά μεταξύ των δυο ποδιών. Το Ic είναι η αρχική επαφή, το fc είναι η πλήρης επαφή, το ho είναι η φτέρνα, το to είναι τα δάχτυλα που ακουμπάνε στο έδαφος(με αρχική την αργή κίνηση και τελική την γρήγορη κίνηση).

Patient: Anastasia Papaiwannou

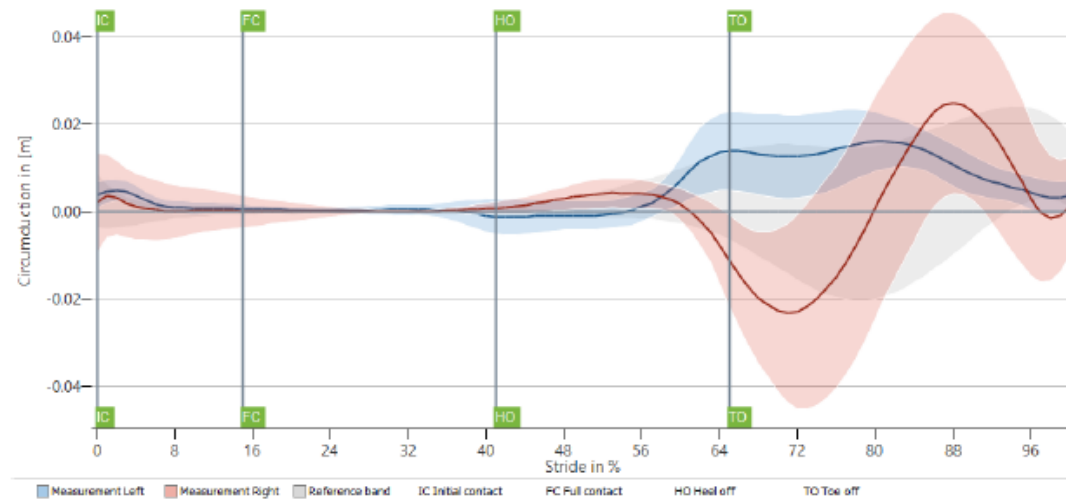
Report page 3/10

Kinematic graphic / Foot height



Kinematic graphic / Circumduction

Το γράφημα παρουσιάζει το αποτέλεσμα της κινηματικής παράστασης μεταξύ αργής και γρήγορης κίνησης. Με μπλε εμφανίζεται η μέτρηση του αριστερού ποδιού, με κόκκινο η μέτρηση του δεξιού ποδιού, με γκρι η αναφορά μεταξύ των δυο ποδιών. Το Ic είναι η αρχική επαφή, το fc είναι η πλήρης επαφή, το ho είναι η φτέρνα, το to είναι τα δάχτυλα που ακουμπάνε στο έδαφος.

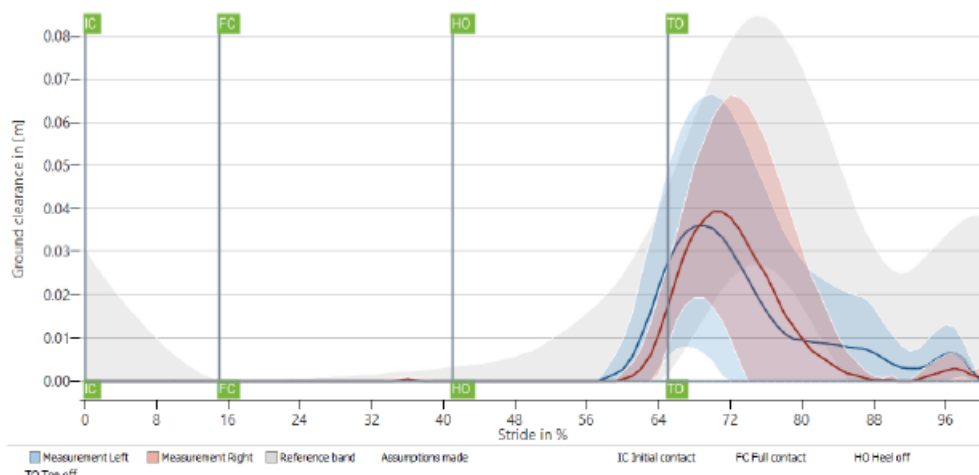


Το γράφημα παρουσιάζει το αποτέλεσμα της κινηματικής παράστασης μεταξύ αργής και γρήγορης κίνησης σε συνάρτηση με τη πρόσκρουση της βάδισης στο έδαφος. Με μπλε εμφανίζεται η μέτρηση του αριστερού ποδιού, με κόκκινο η μέτρηση του δεξιού ποδιού και με γκρι η αναφορά μεταξύ των δυο ποδιών. Το Ic είναι η αρχική επαφή, το fc είναι η πλήρης επαφή, το ho είναι η φτέρνα, το to είναι τα δάχτυλα που ακουμπάνε στο έδαφος με βάση τις υποθέσεις που έγιναν.

Patient: Anastasia Papaiwannou

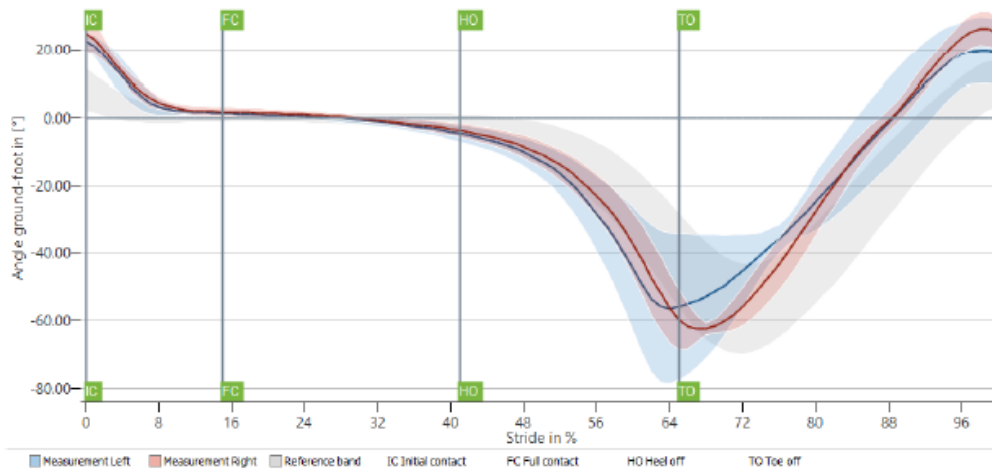
Report page 4/10

Kinematic graphic / Ground clearance



Kinematic graphic / Angle ground-foot

Το γράφημα δείχνει τα αποτελέσματα για την γωνία που σχηματίζεται στο ποδιού όταν αυτό ακουμπάει στο επαφής μεταξύ της αργής και της γρήγορη κίνησης. Με μπλέ εμφανίζεται η μέτρηση του αριστερού ποδιού, με κόκκινο η μέτρηση του δεξιού ποδιού και με γκρι η αναφορά μεταξύ των δυο ποδιών. Το Ic είναι η αρχική επαφή, το fc είναι η πλήρης επαφή, το ho είναι η φτέρνα, το to είναι τα δάχτυλα που ακουμπάνε στο έδαφος.



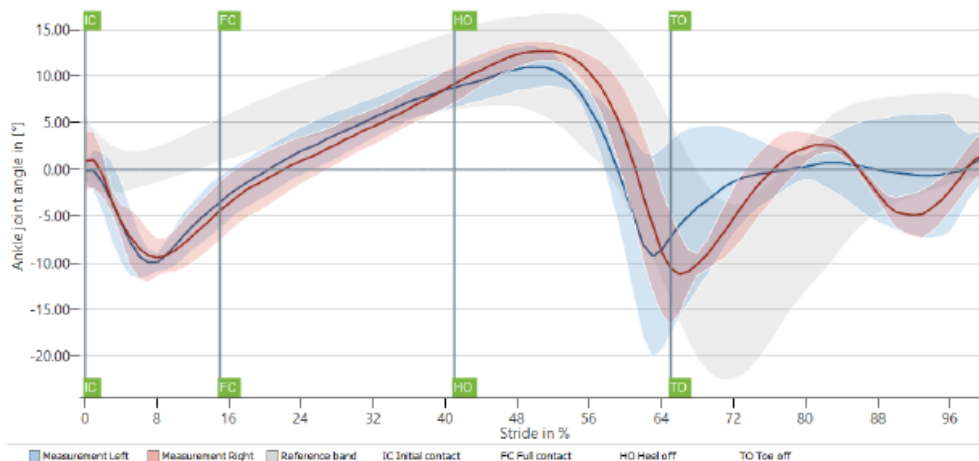
Το γράφημα παρουσιάζει τα αποτελέσματα για τη γωνία άρθρωσης του αστραγάλου μεταξύ αργής και γρήγορης κίνησης. Με μπλε εμφανίζεται η μέτρηση του αριστερού ποδιού με κόκκινο η μέτρηση του δεξιού ποδιού και με γκρι η αναφορά μεταξύ των δυο ποδιών. Το Ic είναι η αρχική επαφή, το fc είναι η πλήρης επαφή, το ho είναι η φτέρνα, το to είναι τα δάχτυλα που ακουμπάνε στο έδαφος.

RehaGait®

Patient: Anastasia Papaiwannou

Report page 5/10

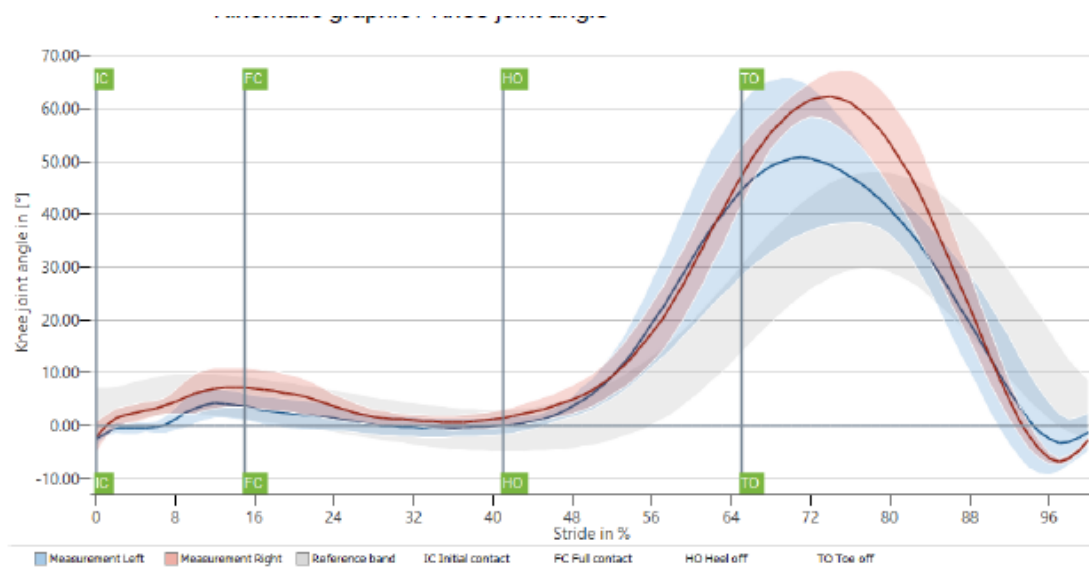
Kinematic graphic / Ankle joint angle



Kinematic graphic / Knee joint angle

Το γράφημα παρουσιάζει τα αποτελέσματα για την γωνία άρθρωσης του γονάτου μεταξύ αργής και γρήγορης κίνησης. Με μπλε εμφανίζεται η μέτρηση του αριστερού ποδιού με κόκκινο η μέτρηση του δεξιού ποδιού και με γκρι η αναφορά μεταξύ των δυο ποδιών. Το Ic

είναι η αρχική επαφή, το fc είναι η πλήρης επαφή, το ho είναι η φτέρνα, το to είναι τα δάχτυλα που ακουμπάνε στο έδαφος.

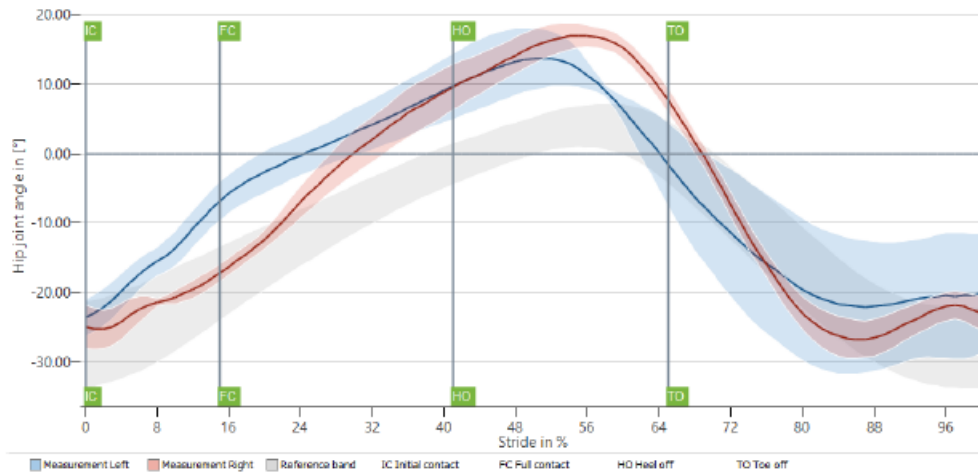


Το γράφημα παρουσιάζει τα αποτελέσματα για την γωνία άρθρωσης του ισχίου μεταξύ αργής και γρήγορης κίνησης. Με μπλε εμφανίζεται η μέτρηση του αριστερού ποδιού με κόκκινο η μέτρηση του δεξιού ποδιού και με γκρι η αναφορά μεταξύ των δυο ποδιών. Το Ic είναι η αρχική επαφή, το fc είναι η πλήρης επαφή, το ho είναι η φτέρνα, το to είναι τα δάχτυλα που ακουμπάνε στο έδαφος.

Patient: Anastasia Papaiwannou

Report page 6/10

Kinematic graphic / Hip joint angle



Score graphic / Basic parameters

Το γράφημα παρουσιάζει τα αποτελέσματα μήκους της δρασκειλιάς, το αποτέλεσμα του μήκους της διαρκείας, το αποτέλεσμα του γλιστρήματος, το αποτέλεσμα του χρόνου μεταβολής του κύκλου βάδισης και το αποτέλεσμα της μεταβλητότητας του κύκλου βάδισης χωρητικότητα μεταξύ αργής και γρήγορης κίνησης.

Score graphic / Basic parameters



□ Optimum    ■ Measurement

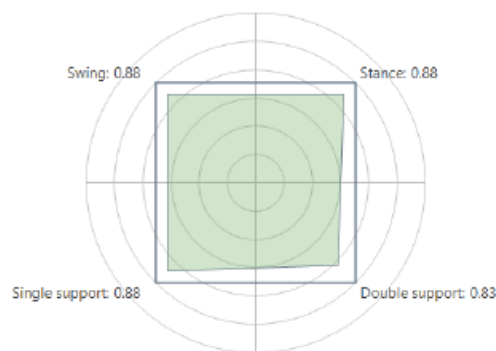


Το γράφημα παρουσιάζει το αποτέλεσμα των φάσεων παραθέτοντας το αποτέλεσμα της ταλάντευσης, το αποτέλεσμα της στάσης, το αποτέλεσμα της μόνης στήριξης και το αποτέλεσμα της διπλής στήριξης μεταξύ αργής και γρήγορης κίνησης.

Patient: Anastasia Papaiwannou

Report page 7/10

Score graphic / Gait phases general



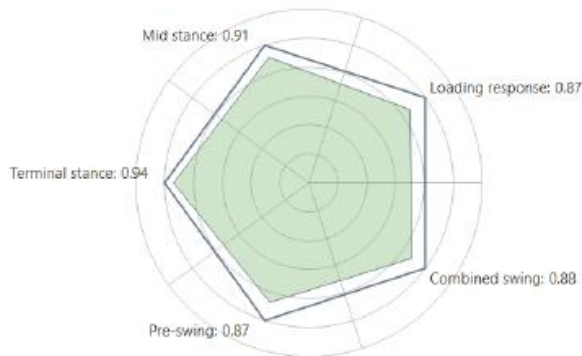
□ Optimum    ■ Measurement

Score graphic / Gait phases Perry

Το γράφημα παρουσιάζει το αποτέλεσμα των φάσεων της βάρδισης perry. Δίνει το αποτέλεσμα της μέσης στάσης, το αποτέλεσμα της τερματικής στάσης, το αποτέλεσμα πριν την ταλάντευση, της φόρτωσης απόκρισης και το αποτέλεσμα της συνδυασμένης ταλάντευσης μεταξύ της αργής και γρήγορης κίνησης.

---

Score graphic / Gait phases Perry



□ Optimum    ■ Measurement

Το γράφημα παρουσιάζει το αποτέλεσμα των γωνιών των αρθρώσεων και τω αποστάσεων όπως το αποτέλεσμα για την ελαχίστη και μέγιστη γωνία άρθρωσης του αστράγαλου,για την ελαχίστη και μέγιστη γωνία άρθρωσης γονάτου για την ελάχιστη και μέγιστη γωνία άρθρωσης του ισχίου το μέγιστο ύψος ποδιού,και για την γωνία “απεργίας” της φτέρνα.

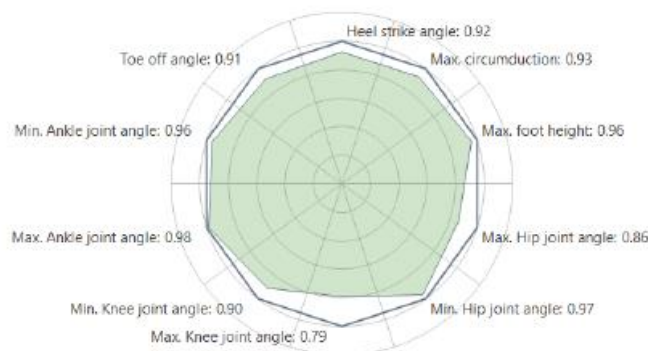


Patient: Anastasia Papaiwannou

Report page 8/10

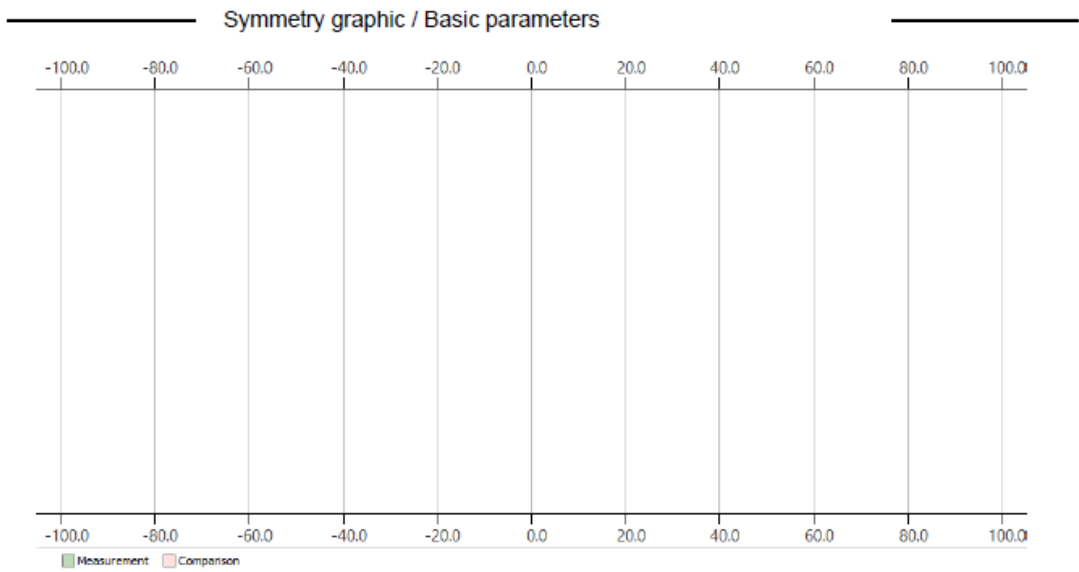
---

Score graphic / Angles / Distances



□ Optimum    ■ Measurement

Το γράφημα παρουσιάζει τα αποτελέσματα για τις βασικές παραμέτρους.

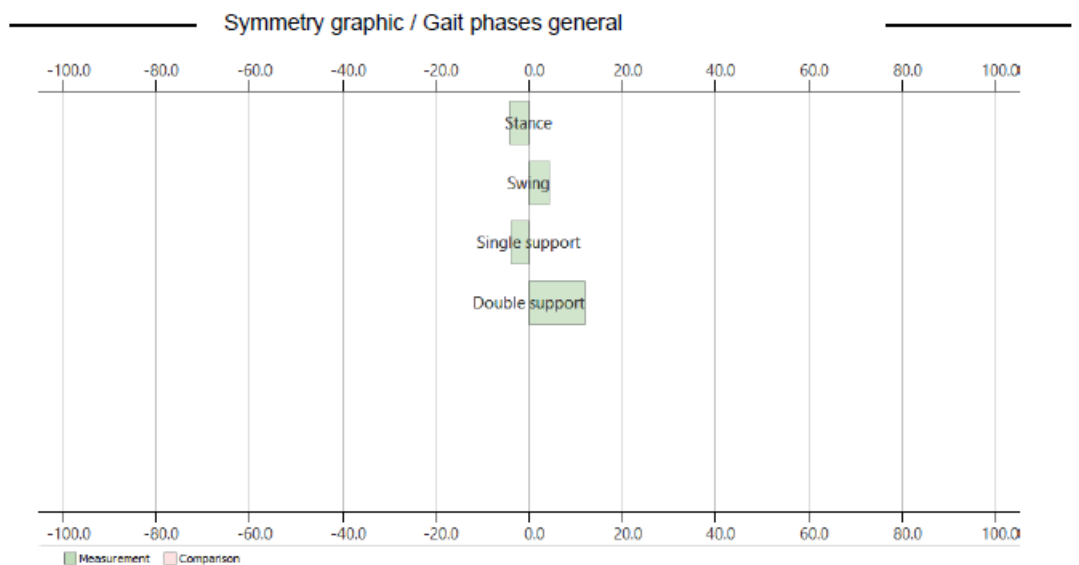


Το γράφημα παρουσιάζει την συμμετρία του δεξιού και αριστερού ποδιού στις διάφορες φάσεις μεταξύ αργής και γρήγορης κίνησης.

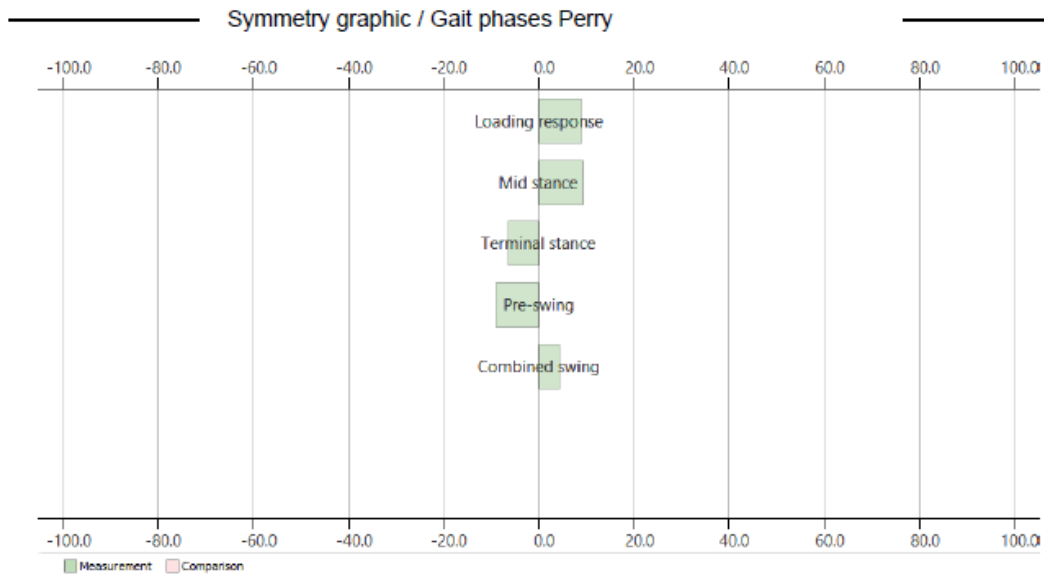
HASOMED  
**RehaGait®**

Patient: Anastasia Papaiwannou

Report page 9/10



Το γράφημα παρουσιάζει τα αποτελέσματα της συμμετρίας για τη βάρδια περπα για την αργή και γρήγορη κίνηση μεταξύ αριστερού και δεξιού ποδιού.

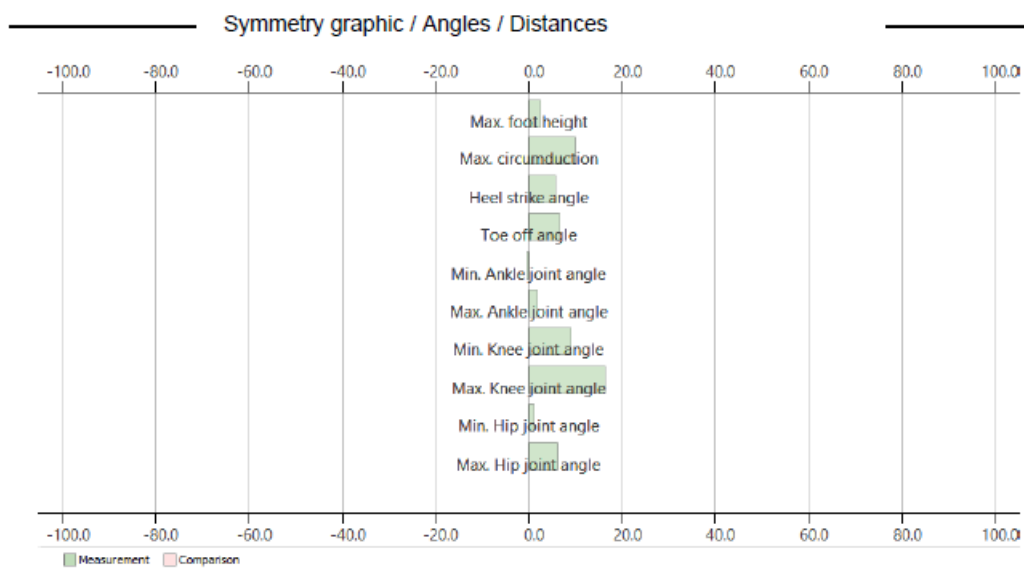


Το γράφημα παρουσιάζει τα αποτελέσματα της συμμετρίας μεταξύ αριστερού και δεξιού ποδιού για την ελάχιστη και μέγιστη γωνία άρθρωσης γονάτου, για την ελάχιστη και μέγιστη γωνία άρθρωσης ισχίου και την ελάχιστη και μέγιστη γωνία άρθρωσης αστράγαλου και για το μέγιστο ύψος του ποδιού.

HASOMED  
**RehaGait**<sup>®</sup>

Patient: Anastasia Papaiwannou

Report page 10/10



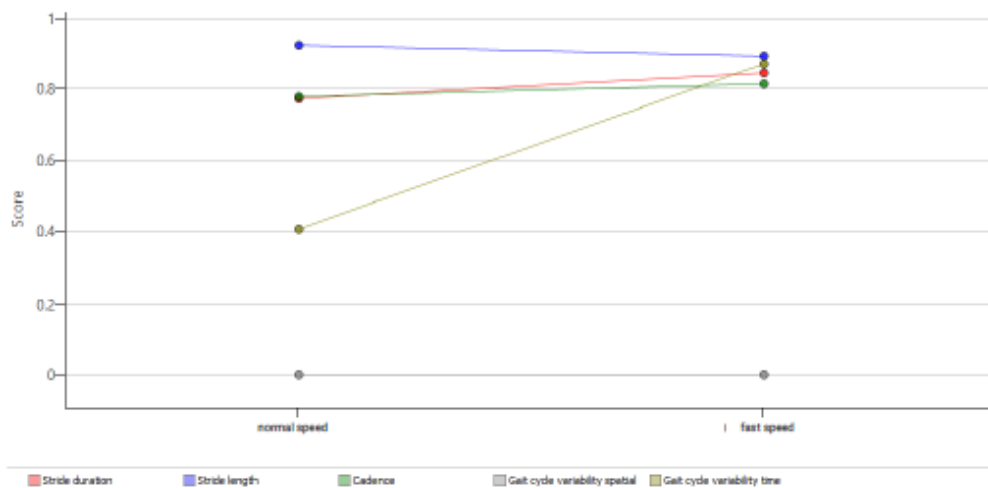
Patient: Anastasia Papaiwannou

Report page 1/3

Patient

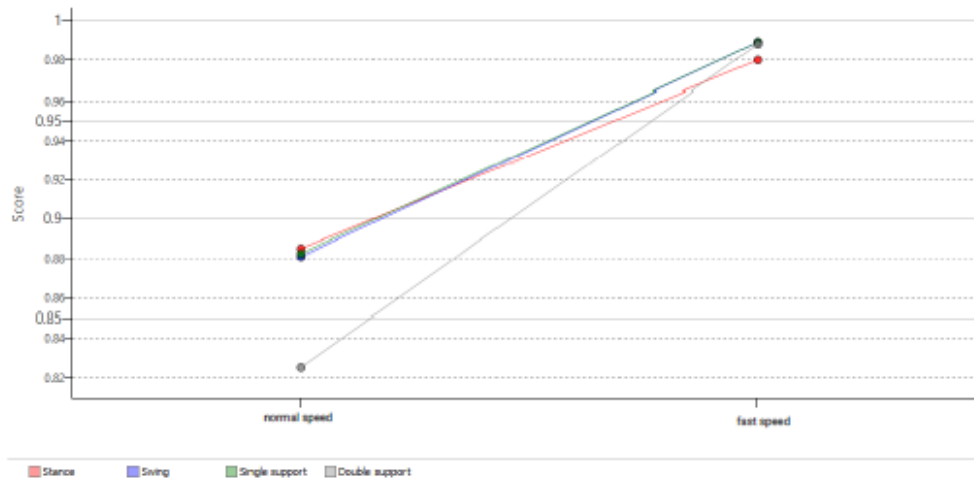
Name	Anastasia Papaiwannou
Date of birth	01/07/1995
Body height	163 cm
Gender	female
Notes	Normal subject

Progression / Basic parameters

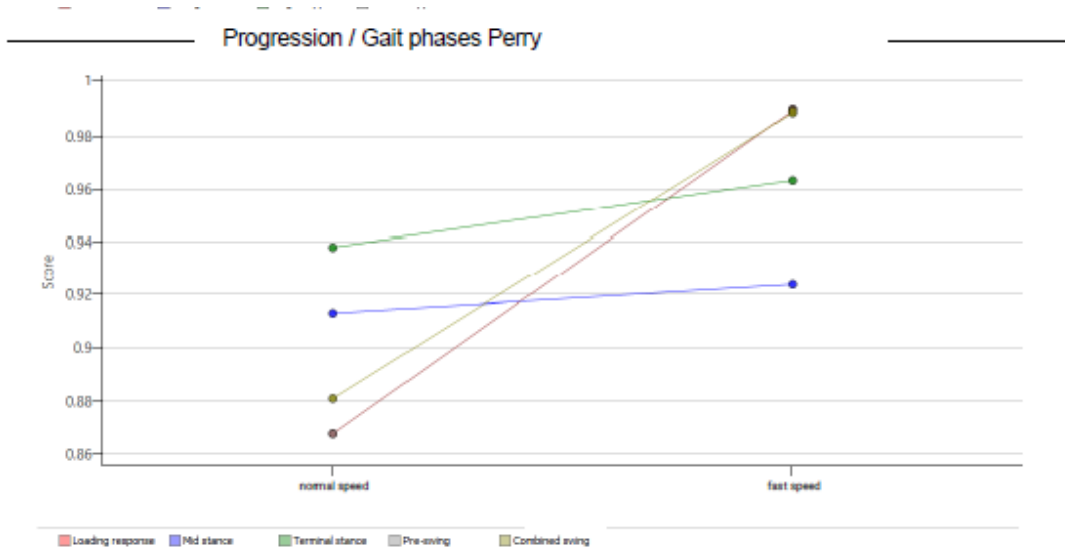


Το γράφημα δείχνει τη μεταβολή των βασικών παραμέτρων στην αργή και γρήγορη κίνηση. Η κόκκινη κουκίδα δείχνει την διάρκεια του βήματος, η μπλε κουκίδα δείχνει το μήκος του βήματος, πράσινη κουκίδα δείχνει τον ρυθμό βήματος, η γκρι κουκίδα δείχνει την μεταβλητότητα χωρητικότητας του κύκλου βάρδισης και η χρυσή κουκίδα δείχνει τον χρόνο μεταβολής του κύκλου βάρδισης.

Progression / Gait phases general



Το γράφημα παρουσιάζει τις φάσεις εξέλιξης του βαδίσματος γενικά, από την αργή στη γρήγορη βάδιση. Η κόκκινη κουκίδα δείχνει την στάση του βήματος, η μπλε κουκίδα δείχνει το πόσο σταθερό είναι το βήμα, η πράσινη κουκίδα δείχνει την ενιαία υποστήριξη και η γκρι δείχνει την διπλή υποστήριξη του βήματος.

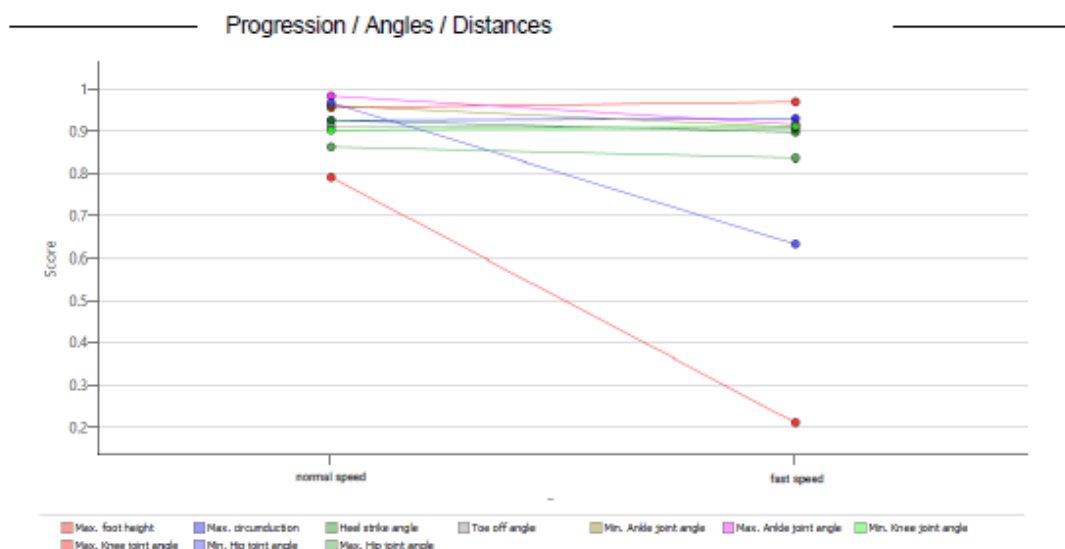


Το γράφημα αναπαριστά τις φάσεις εξέλιξης της βάδισης Perry. Η κόκκινη κουκίδα αναπαριστά την φόρτωση απόκρισης, η μπλε κουκίδα την μέση στάση του βήματος, η πράσινη κουκίδα την τερματική στάση, η γκρι κουκίδα το βήμα πριν από την ταλάντευση και η χρυσή κουκίδα την συνδυασμένη ταλάντευση του βήματος.



Patient: Anastasia Papaiwannou

Report page 3/3



Το γράφημα παρουσιάζει τα αποτελέσματα για την εξέλιξη, τις γωνίες και τις αποστάσεις της βάρδισης. Η κόκκινη κουκίδα δείχνει το μέγιστο ύψος ποδιών, η μπλε κουκίδα την μέγιστη περιγραφή βήματος, η σκούρα πράσινη δείχνει την γωνία πρόσκρουσης της φτέρνας, η γκρι κουκίδα την γωνία που το πόδι έχει κλίση (προς τα μέσα ή έξω), η χρυσή κουκίδα την ελάχιστη γωνία της άρθρωσης του αστράγαλου, η ροζ κουκίδα την μέγιστη γωνία της άρθρωσης του αστράγαλου, η λαχανί κουκίδα την ελάχιστη γωνία άρθρωσης του γόνατου, ανοιχτή κόκκινη κουκίδα την μέγιστη γωνία της άρθρωσης του γόνατου, η μωβ την ελάχιστη γωνία άρθρωσης του ισχίου και η ανοιχτό λαχανί κουκίδα την μέγιστη γωνία άρθρωσης του ισχίου.

## 5.5 Συμπεράσματα

Τα προϊόντα MySignals που αναφέραμε στην εργασία μας χρησιμοποιούνται από κλινικούς ιατρούς ως αξιόπιστους και αντικειμενικούς τρόπους τεκμηρίωσης και ερμηνείας της κίνησης στην υγεία και τις ασθένειες. Επιπροσθέτως ο στόχος της κλινικής ανάλυσης βάρδισης είναι να βοηθήσει στη λήψη αποφάσεων για τη θεραπεία.

Με τη χρήση των βιοαισθητήρων ένας ειδικός μπορεί να διαγνώσει, να θεραπεύσει και να προλάβει διάφορες παθήσεις και μέσω των εξειδικευμένων προγραμμάτων ο ασθενής μπορεί να έχει τα αποτελέσματα σε αρχεία cloud για οποιαδήποτε χρήση. Με αυτό τον τρόπο ο κάθε ασθενής μπορεί να αισθάνεται ασφαλής και να ζει τη ζωή όσο το δυνατό πιο φυσιολογικά και χωρίς άγχος. Η ιατρική με τη βοήθεια της τεχνολογίας έχει κάνει πολύ σημαντικά άλματα και προχωρά συνεχώς με ταχύτατους ρυθμούς.



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασία με θέμα τρέχουσες τεχνολογικές τάσεις σε βιοαισθητήρες και συσκευές νανοσωματιδίων αρχικά ορίσαμε τους βιοαισθητήρες. Ένας βιοαισθητήρας είναι ένας αυτόνομος αισθητήρας ο οποίος έχει την ικανότητα να προσφέρει τόσο ποσοτικές όσο και μη ποσοτικές πληροφορίες κάνοντας χρήση ενός στοιχείου βιολογικής αναγνώρισης. Στη συνέχεια κάναμε μια σύντομη ιστορική διαδρομή από το 1956 έως και το 1999. Έπειτα αναφερθήκαμε στη χρήση των βιοαισθητήρων μερικές εκ των οποίων είναι η κλινική διάγνωση, η βιοϊατρική, ο ποιοτικός έλεγχος, η φαρμακευτική ανάλυση η μικροβιολογία και η παραγωγή ποιοτικού ελέγχου τροφίμων. Το πρώτο κεφάλαιο ολοκληρώθηκε με τις μελλοντικές προοπτικές τους.

Στο επόμενο κεφάλαιο γνωρίσαμε τη μήτρα αισθητήρα η οποία είναι ένα πλέγμα που αναπτύσσουν οι βιοαισθητήρες. Η μήτρα αισθητήρα συνδέει τα BREs με σκοπό την ανίχνευση ενός αναλύτη. Έπειτα αναφερθήκαμε στα στοιχεία βιοαναγνώρισης όπως λόγω χάρη τα ένζυμα, τα αντισώματα και τα απταμερές. Εν συνεχεία μιλήσαμε για τους μετατροπείς και τους φορετούς βιοαισθητήρες οι οποίοι παρέχουν πληροφορίες ανίχνευσης σε πραγματικό χρόνο.

Στο τρίτο κεφάλαιο γνωρίσαμε τους αισθητήρες EMG, ECG, force και IMU καθώς επίσης και τις εφαρμογές τους. Ο EMG είναι ένας αισθητήρας ηλεκτρομυογραφίας ο οποίος ως βασικό του ρόλο έχει την μέτρηση ηλεκτρικών σημάτων που παράγονται από τους μύες όταν τους μετακινούμε. Ο αισθητήρας ECG (ηλεκτροκαρδιογραφία) είναι μια μέθοδος συλλογής ηλεκτρικών σημάτων τα οποία παράγονται από την καρδιά. Ο αισθητήρας force είναι ένας τύπος μορφοτροπέα και πιο συγκεκριμένα είναι ένας μετατροπέας δύναμης κι ο αισθητήρας IMU αποτελεί μια ηλεκτρονική συσκευή η οποία χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό ακριβούς δύναμης του σώματος, ακριβούς δύναμης του σώματος του γωνιακού ρυθμού και άλλα. Τέλος ο αισθητήρας πίεσης γνωστός και ως αισθητήρας pressure κατά κύριο λόγο μετρά τη φυσική ποσότητα πίεσης και στη συνέχεια τη μετατρέπει σε ένα τυποποιημένο ηλεκτρικό σήμα μέτρησης.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφερθήκαμε σε φορητές συσκευές mHealth. Οι φορητές συσκευές ουσιαστικά είναι φορητά είδη τα οποία δύναται να φορεθούν στο σώμα ή να προσκολληθούν στο δέρμα και τα ρούχα. Πιο συγκεκριμένα έχουν τη μορφή έμπλαστρου, τσιπ, ρολογιού και λωρίδων. Μερικά από τα πιο δημοφιλή wearables mHealth είναι τα παρακάτω : το έξυπνο ρολό , τα έξυπνα θερμόμετρα, τα έξυπνα ρούχα , το FitnessTracker , η φορητή οθόνη ΗΚΓ, το παλμομετρικό όργανο παρακολούθησης BP και άλλα. Ολοκληρώσαμε το τέταρτο κεφάλαιο με την αναφορά μας στα έξυπνα νοσοκομεία και τη βοήθεια ηλικιωμένων εξ αποστάσεως.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γνωρίσαμε το MySignals το οποίο είναι μια πλατφόρμα ανάπτυξης για ιατρικές συσκευές και εφαρμογές ηλεκτρονικής υγείας. Επίσης γνωρίσαμε το RehaGaitAnalyzer το οποίο είναι ένα προϊόν που έχει σχεδιαστεί για να κάνει την ανάλυση βάδισης πρακτική για κλινική χρήση ρουτίνας. Η εργασία ολοκληρώθηκε με το δικό μας πείραμα όπου χρησιμοποιήσαμε αισθητήρες ECG,EMG και παρουσιάσαμε τα αποτελέσματα.

Η αγορά της τεχνολογίας βιοαισθητήρων αυξάνεται με απίστευτο ρυθμό. Μέσα στην τρέχουσα χρονιά πάνω από 22,5 εκατομμύρια δολάρια χρησιμοποιήθηκαν για βιοαισθητήρες. Το μέλλον των βιοαισθητήρων διαγράφεται λαμπρό και ιδιαίτερα στον τομέα της υγείας. Στη συνέχεια θα αναφέρουμε ορισμένες μελλοντικές χρήσεις βιοαισθητήρων που θα βοηθήσουν εξαιρετικά.

- Σύμφωνα με πανεπιστημιακή έρευνα οι βιοαισθητήρες έχουν τη δυνατότητα να αποκαλύψουν την πρόωμη έναρξη της φλεγμονής, της νόσου του Lyme. Η έγκαιρη παρέμβαση με τη βοήθεια της τεχνολογίας βιοαισθητήρα θα δώσει την ευκαιρία να θεραπεύσει την ασθένεια.
- Καθοριστικό ρόλο στο μέλλον θα παίζουν οι βιοαισθητήρες στην ανίχνευση αλκοόλ. Ένας βιοαισθητήρας ο οποίος χαρακτηρίζεται ως «τατουάζ με βιοαισθητήρα», η φορητή συσκευή του οποίου είναι σε θέση να ανιχνεύει αλλαγές του επιπέδου αλκοόλ στο αίμα. Οι πληροφορίες του αποστέλλονται στο κινητό τηλέφωνο του χρήστη, το οποίο μπορεί να τον ειδοποιήσει εάν δεν είναι ασφαλές να οδηγεί. Μελλοντικά αυτές οι μετρήσεις θα χρειάζονται μόλις 8 λεπτά.
- Πολλοί άνθρωποι που πάσχουν από διαβήτη αναμένεται να ελέγχουν τα επίπεδα γλυκόζης τους. Στο μέλλον η πρόοδος στην τεχνολογία των βιοαισθητήρων

διευκολύνει πλέον τους διαβητικούς ώστε να ελέγχουν τα επίπεδα γλυκόζης τους[19].

- Ιδιαίτερη αλλαγή θα επέλθει στην ανοσοθεραπεία κατά του καρκίνου. Οι ιατροί πορεύονται για μήνες με λίγες πληροφορίες μετά την έναρξη της θεραπείας. Κάθε μέρα που περνάει είναι σημαντική για τους ασθενείς και μερικές φορές χρειάζεται αρκετές εβδομάδες για να δουν αν ανταποκρίνονται σε αυτά τα φάρμακα. Στις προκλινικές μελέτες των βιοαισθητήρων τα δεδομένα προσδιορίζονται μέσα σε 1 ή 2 εβδομάδες[20].
- Ο καρκίνος του πνεύμονα είναι ένας από τους πιο συνηθισμένους και επιθετικούς καρκίνους. Η αναζήτηση νέων τεχνικών για την ακριβή ανίχνευσή του παραμένει παγκόσμια πρόκληση. Τώρα, ένας εξαιρετικά ευαίσθητος βιοαισθητήρας γραφηνίου έχει δείξει δυνατότητες σε ηλεκτρονικές συσκευές μύτης, οι οποίες αναλύουν τα συστατικά των μιγμάτων ατμών, όπως η αναπνοή. Το γραφένιο στο μέλλον θα ανιχνεύσει τον καρκίνο του πνεύμονα με βιοδείκτες με τεστ αναπνοής.
- Μια νέα μέθοδος προσυμπτωματικού ελέγχου που χρησιμοποιεί σωματίδια αισθητήρα και τεστ ούρων θα μπορούσε να αποκαλύψει την απόρριψη μοσχεύματος στερεού οργάνου. Μετά την επιτυχή επικύρωση της τεχνικής σε μοντέλο ποντικιού, οι ερευνητές προσπαθούν τώρα να ξεκινήσουν δοκιμές σε ανθρώπους .
- Η τεχνολογία ρομποτικών αισθητήρων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση των ορμονών γρήγορα και οικονομικά. Ουσιαστικά θα μπορούσε να ανοίξει το δρόμο για τη διάγνωση προβλημάτων αναπαραγωγικής υγείας σε πραγματικό χρόνο. Μια ερευνητική ομάδα ελπίζει να αναπτύξει τον βιοαισθητήρα για την παρακολούθηση ορμονών δίνοντας στους κλινικούς γιατρούς μια καλύτερη εικόνα της παλμικότητας της LH[21].

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] **Βιοαισθητήρες**. (χ.χ). Πανεπιστημιακές σημειώσεις. Ανακτήθηκε στις 7 Οκτωβρίου 2021. Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο: <https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/CHEM233/biosensors.pdf>

[2] **Βιοαισθητήρες**. (χ.χ). Πανεπιστημιακές σημειώσεις. Ανακτήθηκε στις 7 Οκτωβρίου 2021. Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο: <https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/CHEM169/biosensors.pdf>

[3] **Συλλογή βιοιατρικών σημάτων**.(χ.χ).Ανακτήθηκε στις 7 Οκτωβρίου 2021. Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο: [https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3673/1/02\\_chapter\\_7.pdf](https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3673/1/02_chapter_7.pdf)

[4]Buddhadev PurohitPramod R. Vernekar °Nagaraj P. Shetti°Pranjali Chandra . (2020). **Νανομηχανικήβιοαισθητήρα: Σχεδιασμός, λειτουργία και εφαρμογή για βιομοριακήανάλυση**.Ανακτήθηκε στις 7 Οκτωβρίου 2021. Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666351120300401>

[5] Λαζοπουλου Α, Δημητριου Κ. **Ηλεκτροχημικοί Βιοαισθητήρες. Εφαρμογή για την ανίχνευση του μυκοβακτηρίου της φυματίωσης και των βιοδεικτώντου**.Ανακτήθηκεστις 7 Οκτωβρίου 2021.

[6] Christian Meinig, Scott E. Stalin, Alex I. Nakamura.(χ.χ).**Real-Time Deep-Ocean Tsunami Measuring, Monitoring, and Reporting System: The NOAA DART II Description and Disclosure** .Ανακτήθηκεστις 10 Νοεμβρίου 2021. Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο: <https://www.intechopen.com/chapters/43488?fbclid=IwAR2qxN6KpvxEDs4IZoesSti5KEIh4zYoS9E5KX4Gerox8WrPg-VTPSpkUmw>

[7]Shawn (χ.χ). **What is EMG sensor, Myoware and How to use with Arduino?** Ανακτήθηκε στις 10 Νοεμβρίου 2021. Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο:

[https://www.seeedstudio.com/blog/2019/12/29/what-is-emg-sensor-myoware-and-how-to-use-with-arduino/?fbclid=IwAR3h\\_r-J1o\\_c8gTEAdKk5xMKvI1PikgeQqIDVW2883KoRbhhySD5hGo9cw](https://www.seeedstudio.com/blog/2019/12/29/what-is-emg-sensor-myoware-and-how-to-use-with-arduino/?fbclid=IwAR3h_r-J1o_c8gTEAdKk5xMKvI1PikgeQqIDVW2883KoRbhhySD5hGo9cw)

[8] BrynFarnsworth.(2021).**Τι είναι το ΗΚΓ και πώς λειτουργεί;** Ανακτήθηκε στις 10 Νοεμβρίου 2021. Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο:<https://imotions.com/blog/what-is-ecg/?fbclid=IwAR2HVADYk6oIEYqfh8jdELkteZ5R7aqwGTYF3ID7gS0udYkGOkoVE2QZjEg>

[9]**ECG biosensor: Enabling true differentiation for OEMs, ODMs, and service providers.**(χ.χ).Ανακτήθηκε στις 10 Νοεμβρίου 2021. Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο:[http://neurosky.com/biosensors/ecg-sensor/?fbclid=IwAR1MYtEdyr9LANOdchXMggvgx-NPQqG9H5hPhBJbgSYTv-dWAdXJ\\_IkutHo](http://neurosky.com/biosensors/ecg-sensor/?fbclid=IwAR1MYtEdyr9LANOdchXMggvgx-NPQqG9H5hPhBJbgSYTv-dWAdXJ_IkutHo)

[10] **The Introductory Guide to EEG(Electroencephalography)** .(χ.χ).Ανακτήθηκε στις 10 Νοεμβρίου 2021. Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο:[https://www.emotiv.com/eeeg-guide/?fbclid=IwAR3Tyty6\\_zWkmNZdmoY-rXsImu\\_4Cpo0giojOBPYPmvmao8Fc7aelkYZA-s](https://www.emotiv.com/eeeg-guide/?fbclid=IwAR3Tyty6_zWkmNZdmoY-rXsImu_4Cpo0giojOBPYPmvmao8Fc7aelkYZA-s)

[11] **What is a force sensor, what are the different types of sensors and how do they work?.**(χ.χ).Ανακτήθηκε στις 10 Νοεμβρίου 2021. Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο:[https://www.futek.com/force-sensor?fbclid=IwAR0y-pk\\_JCpr1O5AFMmWzMfymtrkf3EFKRxd5XiECS9nRcAanNN4vPnbxN4](https://www.futek.com/force-sensor?fbclid=IwAR0y-pk_JCpr1O5AFMmWzMfymtrkf3EFKRxd5XiECS9nRcAanNN4vPnbxN4)

[12] **Typical FSR Applications Include.**(χ.χ).Ανακτήθηκε στις 10 Νοεμβρίου 2021. Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο:[https://www.sensitronics.com/applications.htm?fbclid=IwAR1MiGiR1DBR\\_NqKjEodQHztSSjnVw2aXe970lrrsSO7XQ0pDLqfIU384W4](https://www.sensitronics.com/applications.htm?fbclid=IwAR1MiGiR1DBR_NqKjEodQHztSSjnVw2aXe970lrrsSO7XQ0pDLqfIU384W4)

[13] Shoeb Ahmad. (χ.χ). **IMU Sensor Working and Its Applications** .Ανακτήθηκε στις 10 Νοεμβρίου 2021. Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο:<https://www.elprocus.com/imu-sensor->

[working-applications/?fbclid=IwAR1OyAE2cRQVWBQ2R0UniMGPNe3COxw-gHqHU\\_m9bPXM5zKPdaz0dh6nXh4](https://www.facebook.com/working-applications/?fbclid=IwAR1OyAE2cRQVWBQ2R0UniMGPNe3COxw-gHqHU_m9bPXM5zKPdaz0dh6nXh4)

[14] ***Wearable Devices With mHealth Apps: Integration And Implementation.***(χ.χ).Ανακτήθηκε στις 10 Νοεμβρίου 2021. Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο: <https://mobisoftinfotech.com/resources/blog/mhealth-wearable-devices/amp/?fbclid=IwAR0zuafpvy36MxSc5bT2ZZHLknhafF4MbHKpWVOZI80muyupfaWb9b0O2Pc>

[15] ***Rebecca Sentance(2021). 7 examples of how the internet of things is facilitating healthcare.***Ανακτήθηκε στις 10 Νοεμβρίου 2021. Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο: [https://econsultancy.com/internet-of-things-healthcare/?fbclid=IwAR0hOOJSPvf1KD5SGnl3nS5JiwF\\_Jz\\_NwjF88dXwTUmZdurNcOAWoNyaVjM](https://econsultancy.com/internet-of-things-healthcare/?fbclid=IwAR0hOOJSPvf1KD5SGnl3nS5JiwF_Jz_NwjF88dXwTUmZdurNcOAWoNyaVjM)

[16] ***Αισθητήρες πίεσης, μονάδες αισθητήρων πίεσης και πομποί πίεσης.***(χ.χ).Ανακτήθηκε στις 10 Νοεμβρίου 2021. Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο: [https://www.analog-micro.com/en/products/pressure-sensors/?pk\\_campaign=kampagne1&utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_term=digital%20pressure%20transducer&utm\\_campaign=pressure&fbclid=IwAR1ZF119S7MePb2smGuG2AAkB0n9Kcn51MIZkdieY8j2ZvPiO6x6KZ93dyQ](https://www.analog-micro.com/en/products/pressure-sensors/?pk_campaign=kampagne1&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_term=digital%20pressure%20transducer&utm_campaign=pressure&fbclid=IwAR1ZF119S7MePb2smGuG2AAkB0n9Kcn51MIZkdieY8j2ZvPiO6x6KZ93dyQ)

[17] Wikipedia. (χ.χ).***Αισθητήρας πίεσης.*** Ανακτήθηκε στις 10 Νοεμβρίου 2021. Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο: [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Pressure\\_sensor?fbclid=IwAR2NWZFopMG1BwxvDuMBBMOjls8dNjyU7wOQLZH-U6lV5yPOo2INA-TPKο](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Pressure_sensor?fbclid=IwAR2NWZFopMG1BwxvDuMBBMOjls8dNjyU7wOQLZH-U6lV5yPOo2INA-TPKο)

[18]***What-is-Lab-on-a-Chip*** .(2018).Ανακτήθηκε στις 7 Δεκεμβρίου 2021. Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο: <https://www.azolifesciences.com/article/What-is-Lab-on-a-Chip.aspx?fbclid=IwAR3ok398xItwoBhXtqvP3qPlaVjGffsbUpUZSdmbgPUL58IHMvCdUoeY6hI>

[19]NeuroSky. (2017). ***The future of biosensor technology*** .Ανακτήθηκε στις 7 Δεκεμβρίου 2021. Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο: <http://neurosky.com/2017/03/the-future-of-biosensor-technology/>

[20] ***Βιολογικοί αισθητήρες μπορεί να βοηθήσουν τους ιατρούς στην εξατομικευμένη θεραπεία των ασθενών τους.***(2021). Ανακτήθηκε στις 7 Δεκεμβρίου 2021. Διαθέσιμο στο

δικτυακό ιστότοπο: <https://wikihealth.gr/viologikoi-aisthitires-mporei-na-voithisoyn-toys-klinikoy-siatroy-sin-exatomikymeni-therapeia-ton-asthenon-toys/>

[21] *Biosensors for the Future*. (2019). Ανακτήθηκε στις 7 Δεκεμβρίου 2021. Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο: <https://thepathologist.com/diagnostics/biosensors-for-the-future>

[22] *Lab-on-chip* . (2021). Ανακτήθηκε στις 7 Δεκεμβρίου 2021. Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο: <https://el.wikipedia.org/wiki/Lab-on-a-chip>

[23] *Rehagait*. Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο: <https://www.anatomicalconcepts.com/rehagait>

[24] *Mysignalshwehaithmedicalbiometriciotplatformarduinotutorial*. Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο: <https://www.cooking-hacks.com/mysignals-hw-ehealth-medical-biometric-iot-platform-arduino-tutorial.html>