Χειμερινό εξάμηνο 2021-2022

Τσιμπλιαρίδης Νικόλαος

ΑΕΜ: 9652

*Στα πλαίσια του μαθήματος «Βιοϊατρική Τεχνολογία» του τμήματος ηλεκτρολόγων μηχανικών και μηχανικών υπολογιστών του Α.Π.Θ.*

Τεχνολογίες καταγραφής και ανάλυσης ηλεκτροεγκεφαλογραφημάτων.

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Ηλεκτροεγκεφαλογραφία είναι η καταγραφή της λειτουργίας του εγκεφάλου. Για να επιτευχθεί αυτό τοποθετούνται κάποιοι μικροί αισθητήρες πάνω στο κρανίο με σκοπό να ανιχνεύσουν τα ηλεκτρικά σήματα με τα οποία επικοινωνούν τα κύτταρα. Οι νευρικές συνάψεις επιτρέπουν στους νευρώνες να μεταδώσουν κάποιο ηλεκτρικό σήμα δημιουργώντας έναν παλμό γνωστό και ως μετασυναπτικό δυναμικό. Το σήμα από μία μόνο σύναψη είναι αμελητέο και δεν θα μπορούσε να μετρηθεί με ακρίβεια, αλλά όταν χιλιάδες νευρώνες λειτουργούν ταυτόχρονα παράγεται ηλεκτρικό πεδίο αρκετά ισχυρό ώστε να μπορεί να μετρηθεί από την επιφάνεια του κρανίου με την χρήση μεταλλικών ηλεκτροδίων. Οι παλμοί που λαμβάνονται ενισχύονται και αποθηκεύονται για μελλοντική ανάλυση και απεικόνιση.

Τα δεδομένα που έχουμε λάβει μπορούν να αξιοποιηθούν με πολλούς διαφορετικούς τρόπους που περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων, ασαφή συστήματα, προγνωστική ανάλυση, μηχανική μάθηση, εξόρυξη δεδομένων και βαθιά νευρωνικά δίκτυα. Η χρήση αυτών των τεχνολογιών αποσκοπεί στην διάγνωση ψυχικών και νευρολογικών παθήσεων την κατανόηση τους σε μεγαλύτερο βαθμό και κυρίως την έγκαιρη πρόγνωση τους ώστε να διευκολυνθεί η αντιμετώπιση τους.

**1. Παθήσεις που μπορούν να διαγνωστούν ή να προληφθούν ήδη και με την χρήση ποιών τεχνολογιών επιτεύχθηκε αυτό.**

H ιστορία του εγκεφαλογραφήματος(EEG) ξεκινά με την πρώτη καταγραφή εγκεφαλογραφήματος το 1924 από τον Γερμανό φυσιολόγο και ψυχίατρο Hans Berger, η οποία πραγματοποιήθηκε κατά την διάρκεια μιας νευροχειρουργικής επέμβασης με τεχνολογία που είχε χρησιμοποιηθεί μέχρι πρότινος μόνο σε ζώα αφού τα ηλεκτρόδια τοποθετούνταν απευθείας πάνω στην επιφάνεια του εγκεφάλου, ενώ το γράφημα αποτυπωνόταν με την χρήση ενός undulator πάνω σε ταινία. Μερικά χρόνια αργότερα ο ίδιος ο Berger δημιούργησε το πρώτο μηχάνημα στο οποίο τα ηλεκτρόδια μπορούσαν να λαμβάνουν τα σήματα από την εξωτερική πλευρά του κρανίου με την χρήση γαλβανόμετρου Siemens διπλού πηνίου με ακρίβεια 4 ψηφίων μετά την υποδιαστολή (ακρίβεια απαραίτητη για τα σήματα που έπρεπε να μετρηθούν). Η εξέλιξη και χρήση της συγκεκριμένης εφεύρεσης οδήγησε στην διάγνωση διάφορων ασθενειών, εκ των οποίων πρώτη ήταν η διάγνωση επιληπτικών κρίσεων. Από τις πρώτες διαγνώσεις επιληψίας μέχρι σήμερα τα μέσα καταγραφής και η κατανόηση μας για αυτά έχουν εξελιχθεί αρκετά. Για να εξηγηθούν όμως τα δεδομένα που παίρνουμε από ένα EEG πρέπει πρώτα να κατηγοριοποιήσουμε τα λαμβανόμενα σήματα. Η κατηγοριοποίηση αυτή γίνεται με βάση την συχνότητα τους και κάθε διάστημα υποδηλώνει μία διαφορετική κατάσταση του εγκεφάλου. Τα σήματα που λαμβάναμε όμως την περίοδο μεταξύ της ανακάλυψης του EEG το 1929 και τα τέλη της δεκαετίας του 1960 ήταν μόνο οπτικά αποτελέσματα και αποτύπωναν μια συνάρτηση συνεχούς χρόνου. Αυτό έμελλε να αλλάξει όταν μία ομάδα με επικεφαλής τον Ross Adey στο Ινστιτούτο Έρευνας Εγκεφάλου του UCLA την περίοδο 1961-1974 χρησιμοποίησαν για πρώτη φορά υπολογιστές στην ανάλυση του EEG. Με την χρήση υπολογιστών τα δεδομένα μπορούσαν να αναλυθούν σε μεγαλύτερο βάθος, να χρησιμοποιηθούν πολύ περισσότερα ηλεκτρόδια (τα οποία βοήθησαν στο να χαρτογραφηθεί ο εγκέφαλος, να αντιστοιχηθούν τμήματα του με συγκεκριμένες λειτουργίες του σώματος και να αναπτυχθεί η παρατήρηση της αντίδρασης του εγκεφάλου σε συγκεκριμένα ερεθίσματα). Το πιο σημαντικό όμως πλεονέκτημα των ψηφιακών EEG έναντι των αναλογικών είναι ότι έγινε δυνατή η χρήση της ανάλυσης Fourier, δηλαδή την μετατροπή των συναρτήσεων συνεχούς χρόνου σε φάσμα στο πεδίο συχνοτήτων. Αυτό ουσιαστικά δημιούργησε το ποσοτικό EEG (QEEG) όπως το γνωρίζουμε σήμερα και μέσω του οποίου φτάσαμε στην κατηγοριοποίηση των εγκεφαλικών κυμάτων με βάση την συχνότητα.

Οι κατηγορίες εγκεφαλικών κυμάτων είναι οι εξής:

* Δέλτα εγκεφαλικά κύματα (0.5-4 Hz). Υποδηλώνουν συνήθως την κατάσταση του ύπνου, βαθιάς χαλάρωσης, ενώ εμφανίζονται και σε άτομα με κάποια εγκεφαλική βλάβη, δυσκολίες μάθησης και σε ορισμένες περιπτώσεις ADHD.
* Θήτα εγκεφαλικά κύματα (4-8 Hz). Υποδηλώνουν την κατάσταση βαθιάς ηρεμίας και εσωτερικής συγκέντρωσης.
* Άλφα εγκεφαλικά κύματα (8-12 Hz). Υποδηλώνουν κατάσταση ηρεμίας.
* Βήτα εγκεφαλικά κύματα (12-35 Hz). Υποδηλώνουν καταστάσεις άγχους, προσοχής στον εξωτερικό χώρο αλλά και εγρήγορσης.
* Γάμμα εγκεφαλικά κύματα (35Hz και πάνω). Υποδηλώνουν την βαθιά συγκέντρωση.

Κατά την διάγνωση επιληπτικών κρίσεων, πέρα από τα παραπάνω παρατηρούνται και διάφορα απότομα σκαμπανεβάσματα στην συχνότητα των κυμάτων και σε ορισμένους τύπους επιληψίας παρατηρούνται συγκεκριμένα μοτίβα αυτών. Τα πράγματα όμως δεν είναι τόσο απλά όσο θα θέλαμε, υπάρχουν περιπτώσεις που ένας υγιής εξεταζόμενος θα εμφανίσει τέτοιες ανωμαλίες, οπότε η ύπαρξη τους δεν αποδεικνύει ότι κάποιος πάσχει. Για αυτόν τον λόγο άλλωστε τα EEG από μόνα τους δεν είναι ικανά για διάγνωση και πάντα χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους για σίγουρα αποτελέσματα. Με παρόμοιο τρόπο και πάντα με συνδυασμό των ηλεκτροεγκεφαλογραφημάτων με άλλες μεθόδους μπορούν να διαγνωστούν και:

* Ναρκοληψία και διαταραχές ύπνου
* Εγκεφαλική αιμορραγία
* Alzheimer
* Νευροεκφυλιστικές ασθένειες
* Ορμονικές διαταραχές που επηρεάζουν τον εγκεφαλικό ιστό
* Ορισμένες ασθένειες του ΚΝΣ
* Εγκεφαλικό
* Όγκος στον εγκέφαλο
* Νέκρωση εγκεφαλικού στελέχους

Στον τομέα της πρόγνωσης η πιο συχνή χρήση EEG είναι σε περιπτώσεις επιτυχημένης αναζωογόνησης μετά από καρδιακό επεισόδιο. Χρησιμοποιείται δηλαδή για να προσδιοριστεί η πιθανότερη έκβαση του ασθενούς. Ο προσδιορισμός αυτός είναι πολύ σημαντικός αφού η πρόγνωση καθορίζει το πώς θα κατανεμηθούν οι πόροι και οι εγκαταστάσεις ώστε να έχουν προτεραιότητα συγκεκριμένοι ασθενείς. Κομμάτι πολύ σημαντικό αφού η αφαίρεση μηχανικής υποστήριξης αποτελεί την πιο κοινή αιτία ενδονοσοκομειακών θανάτων για ασθενείς που αναζωογονήθηκαν.

Τα ευρήματα που μας ενδιαφέρουν και συνήθως υποδηλώνουν αρνητική έκβαση μπορούν να χωριστούν σε έξι κατηγορίες:

• Ισοηλεκτρικό EEG (για 30 τουλάχιστον λεπτά δεν μεταβάλεται ως απάντηση σε ακουστικά ερεθίσματα ή ερεθίσματα πόνου)

• EEG με τάση μικρότερη από 20mV

• Ισοηλεκτρικό EEG με πανομοιότυπα και περιοδικά σήματα.

• Επιληπτικό EEG που περιλαμβάνει επιληπτική κατάσταση (Mε τον όρο επιληπτική κατάσταση (status epilepticus) ορίζεται κρίση που παρατείνεται πέραν των 30 λεπτών ή επαναλαμβανόμενες κρίσεις μικρότερης διάρκειας, με συνολική διάρκεια μεγαλύτερη των 30 λεπτών, χωρίς ανάκτηση των αισθήσεων στα μεσοδιαστήματα.)

• Συνεχής δραστηριότητα μικρότερη από 8 Hz.

• Συνεχής δραστηριότητα ίση ή μεγαλύτερη από 8 Hz

Τα παραπάνω όταν παρατηρούνται σε EGG 24 ώρες μετά το καρδιακό επεισόδιο ανάλογα με τον συνδυασμό μεταξύ τους αλλά και με την βοήθεια άλλων μεθόδων πρόγνωσης παράγουν αρκετά ακριβείς προγνώσεις για το πώς θα εξελιχθεί η κατάσταση του ασθενούς.

Πέρα όμως από αυτήν την πολύ συγκεκριμένη χρήση για πρόγνωση τα EEG δεν έχουν καταφέρει να προβλέψουν την εξέλιξη κάποιας πάθησης, αν και όπως θα δούμε, αυτό ίσως οφείλεται στην έλλειψη μεγάλου πλήθους δεδομένων καθώς και την απουσία των κατάλληλων μεθόδων για την αξιοποίηση τους.

**2. Τεχνολογίες που αναπτύχθηκαν πρόσφατα ή είναι ακόμη σε ανάπτυξη και μπορεί να συνεισφέρουν στον τομέα, καθώς και ποιες παθήσεις είναι πιθανό να επιλυθούν στο μέλλον.**

Για κάποιο χρονικό διάστημα η εξέλιξη στον τομέα είχε επικεντρωθεί στην βελτιστοποίηση της κατασκευής μηχανημάτων, ώστε να έχουμε μεγαλύτερη ακρίβεια δεδομένων με μικρότερο κόστος. Τα τελευταία χρόνια όμως και κυρίως με την ανάπτυξη τεχνολογιών όπως η μηχανική μάθηση, τα βαθιά νευρωνικά δίκτυα, τα big data και γενικότερα η ανάπτυξη της ανάλυσης δεδομένων και η τεράστια αύξηση της διαθέσιμης υπολογιστικής ισχύς, έχουν αναζωπυρώσει τον ενδιαφέρον για την έρευνα.

Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης άλλαξαν ολοκληρωτικά τον τρόπο με τον οποίο προσεγγίζουμε όλες τις εργασίες ανάλυσης. Με την χρήση της μηχανικής μάθησης και πιο συγκεκριμένα νευρωνικών δικτύων, δεν περιοριζόμαστε πλέον στο στοιχειώδες σύστημα κυμάτων άλφα, βήτα, θήτα κτλ αλλά έχουμε πλέον την δυνατότητα να αφήνουμε τον αλγόριθμο να αποφασίσει ποια μοτίβα είναι ενδεικτικά του φαινομένου που μετράμε, έχοντας ταυτόχρονα την επιλογή να μελετούμε πολλαπλά μοτίβα ταυτόχρονα, αντί να προσπαθούμε να μαντέψουμε τις κατάλληλες συσχετίσεις εκ των προτέρων.

Όπως θα αναλυθεί και παρακάτω σε ορισμένες περιπτώσεις είναι απαραίτητη η καταγραφή EEG μεγάλης διάρκειας. Γίνεται προφανές συνεπώς ότι έχουμε πολύ μεγαλύτερο πλήθος δεδομένων να αναλύσουμε. Με την πρόοδο των ιατρικών μας δυνατοτήτων, πρέπει να διασφαλίσουμε ότι προωθούμε την τεχνολογία για να καλύψουμε τη διαφορά και να είμαστε σε θέση όχι μόνο να κατανοήσουμε τέτοια τεράστια δεδομένα, αλλά και να σχετίζονται με ήδη διαγνωσμένα πρότυπα. Σε αυτό έρχεται να βοηθήσουν τα big data. Η ανάλυση μεγάλων δεδομένων είναι μια υπολογιστική τεχνική πολύ σημαντική για την κατανόηση των συσχετίσεων σε ένα μεγάλο σύνολο δεδομένων.

Με την χρήση μηχανικής μάθησης, μεγάλων δεδομένων ή και άλλων υβριδικών μοντέλων που χρησιμοποιούν και τα δύο ταυτόχρονα έρευνες έχουν δείξει ότι είναι δυνατό να υπολογιστεί η ηλικία με βάση τα εγκεφαλικά σήματα, να αναλύονται τα ηλεκτροεγκεφαλογραφήματα αυτόματα χωρίς την παρουσία γιατρού, αλλά και την αυτόματη ανάλυση και αναγνώριση των σταδίων του ύπνου. Τέλος πρόοδος έχει σημειωθεί σε αλγόριθμους που απομονώνουν βασικά χαρακτηριστικά στο σήμα, όπως αλγόριθμους μείωσης θορύβου ή τεχνικές εξαγωγής των χαρακτηριστικών του σήματος. Ουσιαστικά δηλαδή έχουμε καλύτερα, περισσότερα δεδομένα και νέους τρόπους να τα αξιοποιήσουμε.

**3. Πόσο προσιτές είναι οι συσκευές ηλεκτροεγκεφαλογραφημάτων για τον μέσο άνθρωπο και τρόπους με τους οποίους γίνεται/θα μπορούσε να γίνει μια πρώτη εκτίμηση χωρίς την χρήση ειδικού ιατρικού εξοπλισμού.**

Οι κυριότερες αλλαγές που συνέβαλαν στην δραστική αλλαγή στην ανάλυση EEG είναι δύο, η μείωση του κόστους των ηλεκτρονικών ειδών, και η επίτευξη μικρότερου θορύβου. Μέχρι πρόσφατα, απαιτούνταν πολύ ακριβοί ενισχυτές για να αποφευχθεί η καταστροφή του πολύ ασθενούς εγκεφαλικού σήματος. Τα ηλεκτρόδια έπρεπε επίσης να επικαλυφθούν με αγώγιμη πάστα, για να είναι όσο το δυνατόν καλύτερη η λήψη σήματος από την κεφαλή. Η μείωση στο κόστος των ενισχυτών χαμηλού θορύβου και μεγάλης αντίστασης (ιδίως της σειράς Ti ADS129x) επέτρεψε την απόκτηση δεδομένων υψηλής ακρίβειας σε χαμηλό κόστος. Παράλληλα, οι πρακτικές EEG άρχισαν να χρησιμοποιούν ενεργά ηλεκτρόδια, τα οποία καταφέρνουν να ενισχύουν το σήμα κάθε ηλεκτρόδιου στην πηγή του, προτού δηλαδή το σήμα προλάβει να συσσωρεύσει θόρυβο ταξιδεύοντας μέσω του καλωδίου στη μονάδα ελέγχου. Έτσι οι αλλαγές αυτές αποφέρουν καλύτερα σήματα EEG, φθηνότερα και ευκολότερα από ποτέ.

Λόγω αυτής της αυξανόμενης διαθεσιμότητας προσιτού εξοπλισμού σε συνδυασμό με την αυξανόμενη υπολογιστική ισχύ σε φορητές συσκευές, έχουν γίνει προσπάθειες δημιουργίας συσκευών EEG για αγορά και χρήση από το ευρύ κοινό. Έτσι πλέον οι τεχνολογίες που δημιουργούνται όσον αφορά τους ηλεκτροεγκεφαλογράφους χωρίζονται σε αυτές που προορίζονται για χρήση σε εργαστήρια, νοσοκομεία και κλινικές από εξειδικευμένο προσωπικό αλλά και σε “consumer products”. Και οι δύο αυτές κατηγορίες παρά τις ομοιότητες τους έχουν και σημαντικές διαφορές. Πιο συγκεκριμένα:

**Medical EEG:** στοχεύει στη ανάλυση και την ποσοτικοποίηση των διεργασιών του εγκεφάλου, διευρύνοντας τα όρια αυτού που μπορεί να μετρήσει η τεχνολογία.

Τα τελευταία περίπου 20 χρόνια ο τομέας του QEEG έχει επεκταθεί ακόμη περισσότερο και έχει γίνει διαθέσιμος για πολλούς ιατρούς και κλινικές. Ταυτόχρονα, πολλές διαφορετικές κανονιστικές βάσεις δεδομένων έχουν επίσης αναπτυχθεί και είναι διαθέσιμες στους περισσότερους κλινικούς γιατρούς.

Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν καλύμματα 64 ηλεκτροδίων, ενεργά ενισχυμένα ηλεκτρόδια, αγώγιμη πάστα για τη βελτίωση της επαφής με το δέρμα και όσο πιο ακριβά chipsets μπορεί να προμηθευτεί το κάθε εργαστήριο.

Οι ιατρικές συσκευές EEG είναι ισχυρά εργαλεία χαρτογράφησης εγκεφάλου, με απίστευτη ανάλυση. Είτε πρόκειται για διάγνωση ψυχικών διαταραχών, ανίχνευση συναισθηματικών καταστάσεων είτε μέτρηση της καθυστέρησης στην πυροδότηση νευρώνων ως απόκριση σε ένα ερέθισμα, η τεχνολογία έχει προχωρήσει δραστικά τα τελευταία 10 χρόνια. Τα πιο πρόσφατα επιτεύγματα περιλαμβάνουν τη χρήση EEG για να επιτραπεί στους ασθενείς με βαθιά παράλυση να επικοινωνήσουν και στους παραπληγικούς ασθενείς να ελέγχουν τα ρομποτικά χέρια με το εγκεφαλικά σήματα.

**Consumer EEG:** Στοχεύει στην μείωση του κόστους, αύξηση της φορητότητας, άνεσης και γενικότερα στην δημιουργία προϊόντων που όχι μόνο θα είναι αποτελεσματικά αλλά και ελκυστικά προς τον καταναλωτή.

Έχουν ήδη κυκλοφορήσει συσκευές που προσφέρουν νευροανάδραση με προσιτό κόστος, ενώ πολλά προϊόντα προσφέρουν παρακολούθηση και καταγραφή ψυχικής κατάστασης, στρες, ποιότητας ύπνου και άλλες χρήσιμες πληροφορίες από βαθύτερη ανάλυση δεδομένων.

Η επίτευξη αυτής της σμίκρυνσης των EGG δεν συνέβη χωρίς προβλήματα. Με λιγότερα ηλεκτρόδια, η ικανότητα εντοπισμού περιοχών ενεργοποίησης του εγκεφάλου μειώνεται. Τα ξηρά (χωρίς κάποιας μορφής αγώγιμης πάστας) ηλεκτρόδια χαμηλού κόστους οδηγούν σε αυξημένο θόρυβο σήματος, ο οποίος είναι δύσκολο να φιλτραριστεί. Τέλος, όταν μια τεχνολογία περνάει από τα εργαστήρια στον πραγματικό κόσμο, πάντα πρέπει να αντιμετωπιστούν και πρακτικά που προκύπτουν όπως: το να μην εφαρμόζουν σωστά σε διαφορετικά σχήματα κεφαλής, ή και κακή σύνδεση ηλεκτροδίων λόγω της κίνησης.

Αυτά τα ζητήματα είναι που τίθενται προς επίλυση αυτήν την περίοδο και παρότι δεν είμαστε σίγουροι μέχρι ποιο σημείο είναι επιλύσιμα το μόνο σίγουρο είναι ότι όσο τα consumer EEG γίνονται πιο διαδεδομένα, τόσο θα βελτιώνονται οι τεχνικές για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων και τόσο περισσότερα δεδομένα θα έχουμε στην διάθεση μας για να αξιοποιήσουμε στο μέλλον.

Μία πολύ σημαντική χρήση των συσκευών αυτών είναι για ambulatory EEG μεγάλης διάρκειας. Η ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου αλλάζει από δευτερόλεπτο σε δευτερόλεπτο, αλλά τα ηλεκτροεγκεφαλογραφήματα ρουτίνας παρέχουν μόνο ένα δείγμα 20 έως 40 λεπτών αυτής της δραστηριότητας, οπότε υπάρχει περίπτωση να μην μπορέσει να καταγράψει κάποια επιληπτική κρίση. Για να καταγραφεί η δραστηριότητα αυτή επιληπτικών κρίσεων, μπορoύν να χρησιμοποιηθούν συσκευές consumer EEG για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από την άνεση του σπιτιού του εξεταζόμενου. Οι περιπτώσεις που συστήνεται ένα ambulatory EEG από τον γιατρό είναι όταν ο ασθενής συνεχίζει να έχει επιληπτικές κρίσεις μετά την λήψη αντισπασμωδικών φαρμάκων. Η εξέταση μπορεί είτε να επιβεβαιώσει τη διάγνωση της επιληψίας είτε να διαπιστώσει ότι τα κύματα επιληψίας δεν προκαλούν τις κρίσεις.

**4. Μέχρι που μπορεί να εξελιχθεί η συγκεκριμένη τεχνολογία και ποια είναι τα εμπόδια που υπάρχουν ή θα προκύψουν στο μέλλον.**

Το EEG έχει αρκετούς περιορισμούς λόγω της φύσης του. Ένας από τους πιο σημαντικούς είναι η κακή χωρική του ανάλυση. Το EEG είναι πιο ευαίσθητο στα μετασυναπτικά δυναμικά που δημιουργούνται σε επιφανειακά στρώματα του φλοιού και γενικότερα κοντά στο κρανίο. Οι δενδρίτες, οι οποίοι βρίσκονται βαθύτερα στον φλοιό, στο εσωτερικό των αυλάκων, ή μέσα σε βαθιές δομές (όπως ο ιππόκαμπος) έχουν πολύ μικρότερη συμβολή στο σήμα EEG. Ουσιαστικά δηλαδή όσο πιο κοντά στο κέντρο του εγκεφάλου δημιουργείται το σήμα τόσο πιθανότερο είναι να παραληφθεί ή να επικαλυφθεί από κάποιο άλλο σε πιο εξωτερικό σημείο.

Ένας ακόμη περιορισμός προκύπτει από την αδυναμία μέτρησης της κάθε σύναψης ξεχωριστά (όχι μόνο λόγου του τεράστιου αριθμού συνάψεων αλλά και λόγω της απειροελάχιστης διαφοράς δυναμικού που δημιουργείται στην καθεμία). Δεδομένου ότι τα EEG αντιπροσωπεύουν μέσους όρους χιλιάδων νευρώνων, ένας μεγάλος πληθυσμός κυττάρων σε σύγχρονη δραστηριότητα είναι απαραίτητος για να επηρεάσει σημαντικά τις καταγραφές, χάνοντας έτσι μέρος της πληροφορίας.

Τέλος ένα πιο πρακτικό πρόβλημα είναι ότι η πιθανότητα να συμβεί μια επιληπτική κρίση κατά την διάρκεια μιας τυπικής καταγραφής είναι αρκετά μικρή. Αν υπήρχε η δυνατότητα καταγραφής σε καθημερινή βάση, τα δεδομένα που θα παίρναμε θα ήταν αρκετά πιο πολύτιμα. Για αυτό τον λόγο άλλωστε έχουν δημιουργηθεί και διάφορες ασύρματες φορητές συσκευές με μικρότερο αριθμό ηλεκτροδίων και ενσωματωμένη μπαταρία που καταγράφουν συνεχώς τα εγκεφαλικά κύματα. Παρόλ’ αυτά, όσο μειώνουμε το μέγεθος, τον αριθμό των ηλεκτροδίων και δεν χρησιμοποιούμε αγώγιμη πάστα, τόσο μειώνεται η ακρίβεια των σημάτων, ενώ όσο αυξάνεται το μέγεθος και το πλήθος των ηλεκτροδίων τόσο πιο δύσκολη γίνεται η συνεχής καταγραφή. Από τις πρώτες συσκευές βέβαια μέχρι σήμερα έχουν γίνει σπουδαία άλματα στην φορητότητα, την ακρίβεια μετρήσεων και την μείωση του κόστους, οπότε αναμένεται να δούμε αν θα μπορέσει να βρεθεί κάποιος τρόπος να συνδυαστούν τα καλύτερα στοιχεία και από τους δύο κόσμους.

Συμπερασματικά τα ηλεκτροεγκεφαλογραφήματα έχουν αποτελέσει σημαντικό εργαλείο στην διάγνωση παθήσεων και στην καλύτερη κατανόηση του τρόπου λειτουργίας του εγκεφάλου. Τα τελευταία χρόνια μάλιστα, νέοι τρόποι να λάβουμε περισσότερα δεδομένα με μεγαλύτερη ακρίβεια σε συνδυασμό με νέους τρόπους για να τα εκμεταλλευτούμε δείχνουν ότι μπορούν να βοηθήσουν και σε διάφορους άλλους τομείς. Ενώ με την ανάπτυξη περαιτέρω ανάπτυξη της τεχνολογίας μπορούν να εξελιχθούν σε καθημερινά εργαλεία που διασφαλίζουν την ευημερία των ανθρώπων. Σαν τεχνολογία όμως έχει και τα προβλήματα της, τα οποία όπως έχει δείξει η σύντομη ιστορία της αντιμετωπίζονται συνήθως με το ¨πάντρεμα¨ της με άλλες τεχνολογίες.

**Βιβλιογραφία:**

* <https://link.springer.com/article/10.1007/s00381-020-04564-z>
* <https://www.hopkinsmedicine.org/health/conditions-and-diseases/epilepsy/diagnosing-seizures-and-epilepsy>
* <https://epilepsysociety.org.uk/about-epilepsy/diagnosing-epilepsy/closer-look-eeg>
* <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/brain-waves>
* <https://practicalneurology.com/articles/2017-apr/the-utility-of-eeg-in-prognosis-post-cardiac-arrest>
* <https://www.ahajournals.org/doi/full/10.1161/CIR.0000000000000702>
* <https://brainclinics.com/history-of-the-eeg-and-qeeg/>
* <https://www.epilepsy.com/learn/diagnosis/eeg/ambulatory-eeg>
* <https://en.wikipedia.org/wiki/Electroencephalography#Medical_use>
* <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnagi.2018.00184/full>
* <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2019.00076/full>

Τσιμπλιαρίδης Νικόλαος, Τμήμα ΗΜΜΥ ΑΠΘ

ΑΕΜ:9652