



ΒΙΟΕLECTRONICS: Ο ΤΡΟΠΟΣ ΝΑ ΑΝΑΚΑΛΥΨΟΥΜΕ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ ΤΩΝ ΑΡΡΥΘΜΙΩΝ;

ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΣ ΣΤΕΦΑΝΑΔΗΣ

Καθηγητής Καρδιολογίας

Η κοιλιακή μαρμαρυγή (ΚΜ) είναι μια πολύ κοινή καρδιακή αρρυθμία που παρουσιάζεται περίπου στο 2% του γενικού πληθυσμού με αποτέλεσμα να νοσούν περί τα 140 εκατομμύρια άνθρωποι σε παγκόσμια κλίμακα και να είναι υπεύθυνη για το 15-40 % του συνόλου των εγκεφαλικών επεισοδίων. Στην Ευρώπη θεωρείται υπεύθυνη για 185.000 θανάτους ετησίως με κόστος έως και 15,2 δισ. ευρώ. Μέχρι τώρα η ΚΜ και ιδιαίτερα «η σιωπηλή ΚΜ», αποτελεί σημαντική διαγνωστική πρόκληση, καθώς τα συμπτώματα μπορεί να είναι σποραδικά ή και να απουσιάζουν. Μέσω του προληπτικού ελέγχου των ομάδων υψηλού κινδύνου, είναι εφικτό να βελτιώσουμε το προσδόκιμο και την ποιότητα ζωής με επιπλέον παράπλευρο στόχο την επίτευξη σημαντικού οικονομικού οφέλους. Με σκοπό την έγκαιρη ανίχνευση της ΚΜ, διακρίνεται τελευταία μια αυξανόμενη τάση για κατασκευή έξυπνων μικροσυστημάτων, ιδιαίτερα βολικών που να μπορούν να φορεθούν εύκολα κατά τη διάρκεια μεγάλων χρονικών περιόδων, ενδεχομένως διάρκειας έως ενός έτους.

Η παραπάνω εξέλιξη είναι εφικτή χάρη στον ταχέως αναπτυσσόμενο κλάδο της Βιοηλεκτρονικής. Η Βιοηλεκτρονική (Bioelectronics) -ένας ταχέως αναπτυσσόμενος τομέας της βιοτεχνολογίας, με επίκεντρο τη συνεργασία και συνέργεια μεταξύ του βιολογικού και ηλεκτρονικού κόσμου, τη δημιουργία νέων ηλεκτρονικών μικροσυστημάτων για τον εντοπισμό και την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των βιολογικών και των ψηφιακών συστημάτων υπόσχεται να αλλάξει γρήγορα την τρέχουσα διαγνωστική προσέλαση. Για τη διάγνωση της ΚΜ, οι εφαρμογές της Βιοηλεκτρονικής αξιοποιούν δύο παλιές και παραμελημένες τεχνικές: την Βαλλιστικοκαρδιογραφία (ΒΚΓ) και τη Σεισμοκαρδιογραφία (ΣΚΓ). Η

ΒΚΓ αναλύει και εξετάζει την κίνηση της καρδιάς και της ροής του αίματος, ενώ η ΣΚΓ τις δονήσεις και τις ταλαντώσεις του καρδιακού μυός. Όμως λόγω της ευρείας χρήσης του ΗΚΓ από το 1950, οι δύο αυτές τεχνικές σχεδόν εγκαταλείφθηκαν και δεν κέρδισαν σημαντικό ρόλο στην παρακολούθηση της καρδιάς. Οι πρόσφατες όμως εξελίξεις στην Βιοηλεκτρονική, επαναφέρουν την ΒΚΓ και την ΣΚΓ ως πολλά υποσχόμενες μεθόδους για την παρακολούθηση της καρδιακής λειτουργίας. Οι παράγοντες που επανάφεραν το ενδιαφέρον για αυτές τις τεχνικές είναι κυρίως οι ακόλουθοι τρεις:

1. Η ΒΚΓ/ ΣΚΓ δείχνει την πραγματική καρδιακή κίνηση, ενώ το ΗΚΓ μόνο την «ηλεκτρική εντολή» που έλαβε η καρδιά.
2. Υπάρχουν πλέον ευρέως διαθέσιμοι μικρού μεγέθους μικροηλεκτρομηχανικά (Micro Electro Mechanical Systems, MEMS) επιταχυνσιόμετρα, συνεπώς ανοίγονται νέες ευκαιρίες για το σχεδιασμό μικρού μεγέθους συσκευών παρακολούθησης που βασίζονται στις ΒΚΓ /ΣΚΓ, και
3. Λόγω των περιορισμών του ελάχιστου μεγέθους που επιβάλλονται από τα ηλεκτρόδια, ο ΗΚΓ δεν μπορεί να σμικρυνθεί όσο θα μπορούσε βάση της σμίκρυνσης που έχει επιτευχθεί στα υπόλοιπα υποσυστήματα του μέσω της διαρκούς συρρίκνωσης που παρέχει η τεχνολογία των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων (Integrated Circuits IC).

Χρησιμοποιώντας ολοκληρωμένα κυκλώματα (ICs) και μικρο - ηλεκτρομηχανικά συστήματα (MEMS) εξαιρετικά χαμηλής ισχύος, η πραγματική κίνηση της καρδιάς μπορεί να μετρηθεί μέσω ενός «έξυ-

πνου» βιοηλεκτρονικού μικροσυστήματος. Χάρη σε αυτές τις δραστηριότητες, νέες μέθοδοι έχουν πρόσφατα ανακαλυφθεί για την ανίχνευση ΚΜ, είτε μέσω των αισθητήρων MEMS ή με συνδυασμό μέτρησης MEMS και ΗΚΓ. Παράλληλα, έχουν προταθεί και αναπτύσσονται νέα συστήματα το οποίο ο ασθενής θα μπορεί να τα φορά στις καθημερινές του δραστηριότητες (Wearable Smart System, WSS). Τα συστήματα αυτά βασίζονται σε υψηλής πυκνότητας τρισδιάστατα ολοκληρωμένα κυκλώματα (System in Chip SiP), τα οποία περιλαμβάνουν στο ίδιο κομμάτι πυριτίου ένα «οικοσύστημα» ετερογενών συστατικών (ηλεκτρικά κυκλώματα, μηχανικοί αισθητήρες, χημικοί αισθητήρες κλπ).

Αυτές οι νέες βιοηλεκτρονικές συσκευές που αναμένονται, θα έχουν ρόλο «διαμεσολαβητή» μεταξύ των βιολογικών και των ηλεκτρονικών συστημάτων, με δυνατότητα ανίχνευσης εξωτερικών αλλαγών σε κίνηση, πίεση και δυναμικού. Μια Μονάδα Επικοινωνίας συνδέει την «φορητή» συσκευή με άλλες συσκευές εξωτερικά του σώματος (π.χ. smartphones, υπολογιστές) μέσω Bluetooth, αλλά και με τυχόν συσκευές εντός του (π.χ. βηματοδότης χωρίς ηλεκτρόδια μέσα στην καρδιά). Για την παροχή ενέργειας στο σύστημα είναι υπεύθυνη μια μονάδα σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης (Zero Power). Η ίδια μονάδα θα φροντίζει, για την επαναφόρτιση της ενσωματωμένης μπαταρίας μέσω ραδιοσυχνοτήτων (RF) ή θερμοκρασιακών διαφορών τύπου Peltier.

Τυπικά ένα τέτοιο όχι φορητό μα «φορητό» (Wearable) σύστημα, απαρτίζεται από ένα πολύπλοκο σύνολο ετερογενών στοιχείων, όπως:

- Ολοκληρωμένα συστήματα (SoP) με δυνατότητα εισόδου, αποθήκευσης και επεξεργασίας δεδομένων από επιταχυνσιόμετρο, αισθητήρα πίεσης και ΗΚΓ ηλεκτρόδια.
- Ένα εξαιρετικά χαμηλής ισχύος Bluetooth (BTLE) προσαρμοσμένο για χρήση στην περιοχή του σώματος.
- Ένα σύστημα γαλβανικής επικοινωνίας (Human Body Galvanic Communication, HBGC) για την ασύρματη επικοινωνία με άλλες συσκευές εντός του σώματος (πχ. δεδομένα από εμφυτευμένο βηματοδότη).
- Σύστημα διαχείρισης ενέργειας, ικανό και για ανάκτηση ενέργειας (Energy Harvesting) από ραδιοσυχνότητες (RF) και θερμοκρασιακές διαφορές.
- Μία κεραία πολλαπλών λειτουργιών επάνω στο δέρμα ή κάτω από το δέρμα που χρησιμοποιείται

και για τις δύο ασύρματες υπηρεσίες δεδομένων και RF φόρτισης.

- Αισθητήρες (επιταχυνσιόμετρο, αισθητήρας πίεσης).

Στα αμέσως επόμενα χρόνια, θα υπάρχουν εμπορικά διαθέσιμα «φορητά» έξυπνα συστήματα ανίχνευσης ΚΜ, ενώ η μείωση του κόστους τους μέσω της μαζικής παραγωγής και το μικρό μέγεθος τους (5mm x 5mm x 2mm) θα τα κάνει πανταχού παρόντα.

Στα αμέσως επόμενα χρόνια, θα υπάρχουν εμπορικά διαθέσιμα «φορητά» έξυπνα συστήματα ανίχνευσης ΚΜ, ενώ η μείωση του κόστους τους μέσω της μαζικής παραγωγής και το μικρό μέγεθος τους (5mm x 5mm x 2mm) θα τα κάνει πανταχού παρόντα.

Η ικανότητα ανίχνευσης καρδιακών αρρυθμιών μέσω μικρογραφίας, χαμηλού κόστους, εξατομικευμένων ευφυών συστημάτων έχει τη δυνατότητα να μεταβάλλει σε παγκόσμια κλίμακα τις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης. Μέσω εκτεταμένης προληπτικής εξέτασης, η εστίαση μπορεί να μετατοπιστεί από τη θεραπεία ασθενειών στην πρόληψη των ασθενειών και την αποτελεσματική εξατομικευμένη φαρμακευτική αγωγή επιτρέποντας καλή υγεία κατά το μεγαλύτερο μέρος της ζωής του ατόμου. Αυτό οδηγεί σε βελτίωση της ποιότητας ζωής και της εξοικονόμησης πόρων στον υγειονομικής περίθαλψης για την κοινωνία στο σύνολό της.