XIV. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2009. március 26-27.

NON-INVÁZÍV MÉRÉSTECHNIKAI MÓDSZEREK KLINIKAI ÉS ÉLETTANI ALKALMAZÁSAI

Molnár Éva

Abstract

Following a short historic introduction the paper provides an overview of bioelectrical signals mainly ECG measurement methods which characterize cardiac action. It outlines the opportunity to develop advanced diagnostic options with the cooperation of doctors, electric engineers and computer scientists.

Key words:

ECG, Einthoven, bioelectric signals, Wilson, electrodes

Összefoglalás

Rövid történelmi bevezető után a dolgozat a bioelektromos jelekkel – kiemelten a szív működést jellemző EKG mérési módszerekkel – foglalkozik, felvetve olyan távlatokat, hogy az orvosok villamosmérnökök és informatikusok együttműködésével további diagnosztikus lehetőségeket fejleszthetnek ki.

Kulcsszavak:

EKG, Einthoven, bioelektromos jelek, Wilson, elektródák

1. Bevezetés

A Kr. E. 2000-1200 időszakban a beteg non-invazív vizsgálatát a test alapos végigtapogatása jelentette. Az orvos által végzendő diagnózist, terápiát a tankönyvként használt papiruszok egy-egy betegségre vonatkoztatva sablonosan írták le: „Ha egy gyomrára panaszkodó beteget vizsgálsz, és ujjaid alatt olyan mozgást érzekelsz, mintha olaj folynék egy csőben...” [1]. Egyes utasítások a hallgatózásra és kopogtatásra emlékeztetnek. Részletesen írtak az érverés vizsgálatáról, amelyet a szív működéssel hoztak kapcsolatba. „A szív szól minden végtag ereiből.” [1] Krisztus előtt a III. században Alexandria orvosai vitték tovább előre nagy léptekkel a medicinát. A khaledóniai Hérophilosz végezte valószínűleg az első pulzusméréseket és elemzéseket, ő volt az, aki megkülönböztette az érzőidegek bénulását a mozgatóidegektől, új utat törve az idegek élettanában. A khioszi Eraszisztratosznak köszönhetjük a kísérleti élettan megalapulását. A pneumatán híve volt, tanítása szerint a véredényekben levegőszerű anyag, a pneuma kering, és a szívet tartotta a test folyadék és pneumamozgásai középpontjának.

Az utóbbi két évszázadban hatalmas fejlődés következett be a medicina minden területén, ismereteink az emberi test fiziológiájáról és fiziológiai jeleiről nagyobb, mint azt a régen élt tudósok valaha is gondolták volna. Az élő szervezet életfolyamatait, különböző fizikai jelenségeit - amik lehetnek bioe-

lektromos jelenségek, amelyeket az elektromosság jellemez, vagy nem bioelektromos jelek (akusztikus, termikus, mechanikus) - ma már regisztrálhatjuk.

2. Bioelektromos jelek vizsgálata

A bioelektromos jelek a különböző élő szervek, szervrendszerek működését kísérő akciós áramok, melyek a test felületéről vezethetők le.

1. táblázat. A bioelektromos jelek jellemzői

Jellemzői	
Feszültség	Frekvencia
$10^{-6} \dots 10^{-3}$ V	0,1...20 kHz

A bioelektromos jelek a test következő három területéről vehetők fel a legnagyobb hatékonysággal.

2. táblázat. Az emberi test legfontosabb bioelektromos jelei

Forrás	Vizsgálat helye	Vizsgálati módszer
az agykéreg működése	koponya	elektroencefalogram (EEG)
a szív működése	a testfelület egyes részei	elektrokardiogram (EKG)
az izmok működése	izom	elektromiogram (EMG)

3. Az EKG születése

1907-nem a holland Willem Einthoven fiziológus „Az emberi szívhangok regisztrálása húros galvanométerrel” című tanulmányával megalapozta a szívhangok és zörejek kivetítésének új módszerét. Ez a sztetoszkóppal történő hallgatóság továbbfejlesztését jelenti.

Einthoven már ezelőtt a tanulmány előtt megtette a leglényegesebb felfedezést ezen a területen. A „Pflügers Archiv” 1895-ös évfolyamában beszámol arról, hogyan sikerült kapilláris elektrométerrel egy 25 mm/s sebességgel mozgó fényképlemezre rögzítenie az első elektrokardiogramot. A beszámoló címe: „Az emberi elektrokardiogram formájáról”. A következőt írja: „Sok fáradság és munka eredményeként sikerült a kapillárcsövek mechanikus rázkódását – ami azelőtt oly nagy mértékben megnehezítette kísérleteinket – teljesen megszüntetni. Fényképfelvételeinken a rázkódásnak semmi nyoma nem látszik...” [2] Einthoven a kirajzolódott görbén 4 csúcsot különböztetett meg, melyeket A, B, C és D jelzésekkel látott el. Mivel a higanyoszlop tehetetlensége torzítja a görbét, matematikailag meg kellett szerkesztenie annak tényleges lefutását. Az így leképezett potenciálingadozásokat P,Q,RS és T betűkkel jelölte, ahogy az ma is megszokott. Einthoven a húros galvanométer tökéletesítésével megalkotta a ma is használt elektrokardiográfiás készülékek alapját képező mérőműszert. 1903-tól tanulmányozta az állatok és emberek szív működését, valamint ő vezette be a végtagelvezetési módszert: a jobb és bal karon, valamint a bal lábszáron két különböző elektródot helyezett el (bipoláris – standard elveze-

tés). Ez az Einthoven háromszög. Több mint 5000 EKG görbe alapján 1908-ban leírta a szívingerület terjedési pályáját.

1929-ben Frank Norman Wilson USA-beli kardiológus bevezette az unipoláris mellkasi elvezetést. [4] Ezzel a módszerrel már nem csak a ritmuszavarokat lehetett észlelni, hanem egy szívinfarktus térbeli elhelyezkedését és kiterjedését is pontosabban meg lehetett határozni. Wilson több fontos diagnosztikai felfedezést is tett az EKG használatával. Meghatározza például a jobb zár blokkját és az ingerületvezetés gátlásait a jobb Tawara-szárban, ami vezetési zavart idéz elő a jobb szívkamrában és főleg a szívkoszorúér betegségeinél fordul elő.

A Wilson és Einthoven féle elvezetésekén kívül napjainkban már további EKG elvezetéseket is alkalmaznak. Ilyen esetekben az elektródokat közvetlenül a szívre vagy a nyelőcsőre helyezik:

- Vektorkardiogram, 1936;
- His-nyaláb-elektrogram, HBE, 1969;
- Hosszan tartó EKG;

4. A bioelektromos jelek levezetése

Az elektromos potenciálkülönbségeket érzékelőkkel (elektródákkal) veszik fel és vezetik el. [3]

Az ezüst-ezüstklorid elektród **(1.a) ábra)** a legelterjedtebben használt elektródtípus, mivel a zaj kicsi, egyszerűen elkészíthető, és nagyon jól közelíti az ideális nem polarizálható elektródot. Ha az elektródon áram folyik keresztül, akkor a pozitív elektródon klór válik ki, a negatívra klór oldódik be. A kis zajhoz nagy tisztaságú ezüst használata szükséges. A platina elektród **(1.b) ábra)** esetén a kiváláshoz és oldódáshoz nagyon magas aktivációs szintek szükségesek, így platinából szinte ideális polarizálható elektród készülhet. A rozsdamentes acél elektród **(1.c) ábra)** előnye, hogy rendkívül olcsó és jól sterilizálható, így többször felhasználható. A testfelületre való tapadás vákuum segítségével történik.

Invazív méréstechnikában különböző tüelektródákat alkalmaznak, valamint az egyes sejtek elektromos aktivitásának mérésére úgynevezett mikro tüelektródákat.

1. ábra. Makroelektródok: a) ezüst-ezüstklorid elektróda b) platina elektróda c) rozsdamentes acél elektróda

A jelvizsgálatokhoz elsősorban a jelek ismeretére és regisztrálására van szükség. [5] A regisztrátumok csak akkor használhatók jól, ha a felvétel és megjelenés közt nagyobb időeltérés nincs. Minden biológiai erősítő elsődleges feladata, hogy a kis jelszintből olyat képezzen, amely valamilyen írószerkezet meghajtására elégséges.

5. Következtetések

Az EKG a modern orvostudomány legfontosabb diagnosztikai módszerei közé tartozik. Nélkülözhetetlen a szív ritmuszavarainak és a koszorúerek betegségeinek megállapításához. Miután az EKG meghonosodott a gyakorlatban, külön tudományággá specializálódott.

Az EKG készülék legfontosabb elvárt feladataihoz és követelményeihez tartozik az alakhú jelátvitel, egyidejű jelfelvétel, zavarérzéketlenség, csatlakozók megbízhatósága, nagy üzembiztonság, a regisztrátum egyértelműen pácienshez rendelt és egyszerűen gyorsan cserélhető betölthető, adatarchiválási képesség, hálózati táplálás, információs hálózati kapcsolat kiépítése, alkalmazás szerint jelfeldolgozás, opcionális hardver és szoftver igény, mechanikai behatásokkal szembeni érzéketlenség, hordozható készülék esetén kis tömeg és hosszú élettartam.

Az szív bioelektromos jeleinek regisztrálása és annak klinikai hasznosítása még mindig tökéletesíthető, az orvosok és villamosmérnökök, informatikusok összefogásával további diagnosztikai lehetőségek fejleszthetők ki.

Irodalom

- [1] SCHOTT, HEINZ: *A medicina krónikája*, Officina Nova Könyv- és Lapkiadó Kft., Budapest, 1993.
- [2] EINTHOVEN W.: *The Development of the Human Electrocardiogram*, Resuscitation, Volume 76, Issue 3, Pages 325-328.
- [3] NORMANN R.: *Principles of Bioinstrumentation*, John Wiley & Sons Inc., 1988.
- [4] FAZEKAS T., PAPP GY., TENCZER J.: *Klinikai szív-elektrofiziológia és aritmológia*, Akadémiai kiadó, Budapest, 1999.
- [5] HENTER L., HOLBOK S.: *Orvosi műszerek és készülékek*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982.

Molnár Éva, tanszéki mérnök

Munkahely: Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Elektrotechnikai- Elektronikai Tanszék

Cím: 3515, Magyarország, Miskolc, Miskolc-Egyetemváros

Telefon / Fax: +36-20-66-25-871

E-mail: elkmeva@uni-miskolc.hu