Open Access 2026-11-13

Jobbágy Ákos – Varga Sándor

ORVOSBIOLÓGIAI MÉRÉSTECHNIKA

Az egészségügyi ellátás hatékonyságát a fejlett országokban jelentős mértékben meghatározza a rendelkezésre álló technika. A diagnózis felállításához és a terápia hatékonyságának értékeléséhez egyre több műszer áll rendelkezésre. Ezek fejlesztése és hatékony használata orvosok és mérnökök együttműködését igényli. Ehhez nyújt segítséget ez a könyv, amely bemutatja a biológiai eredetű – elsősorban villamos – jelek méréséhez használható érzékelőket, erősítőket és jelfeldolgozó algoritmusokat.
Az Orvosbiológiai méréstechnika a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem és a Semmelweis Egyetem által közösen gondozott egészségügyi mérnöki mesterképzés egyik kötelező tantárgya. A hallgatók között mérnökök és orvosok egyaránt vannak. A könyv azonban nemcsak nekik készült: mindazok számára hasznos, akik az orvosi műszerekben alkalmazott elvek iránt érdeklődnek. Az egyes fejezetek megértéséhez nem tételezünk fel speciális villamosmérnöki ismereteket.
A könyv önálló tanulásra alkalmas, ezt segítik a hozzá kapcsolódó, a megadott honlapokon elérhető animációk és videók. Az orvosbiológiai jelek feldolgozásának gyakorlásához különböző betegségekben szenvedőkről és egészséges személyekről rögzített több száz felvételt tettünk elérhetővé. A könyvben megadott helyen vérnyomásmérés illetve különböző mozgások analízise során rögzített felvételek találhatók. Javasoljuk az Olvasónak, ezeken a felvételeken próbálja ki, hogyan lehet az általában zajos biológiai eredetű jelek lényeges jellemzőit (például az EKG jel amplitúdó- és időadatait) meghatározni.

Kulcsszavak: orvosbiológiai méréstechnika, orvosi műszerek, biopotenciálok, bioérzékelők, biopotenciálok erősítése, biológiai jelfeldolgozás, biztonságtechnika, EKG, EEG, vérnyomásmérés, véráramlás mérés, légzésvizsgálat, mozgásanalízis, orvosi képalkotás.





Typotex Kiadó

2013

Open Access 2026-11-13

COPYRIGHT: © 2013-2018, Dr. Jobbágy Ákos, dr. Varga Sándor, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Creative Commons NonCommercial-NoDerivs 3.0 (CC BY-NC-ND 3.0)
A szerző nevének feltüntetése mellett nem kereskedelmi céllal szabadon másolható, terjeszthető, megjelentethető és előadható, de nem módosítható.

Lektorálta: Dr. Bretz Károly

ISBN 978-963-279-166-1
Készült a Typotex Kiadó gondozásában
Felelős vezető: Votisky Zsuzsa

Készült a TÁMOP-4.1.2/A/1-11/1-2011-0079 számú, „Konzorcium a biotechnológia és bioinformatika aktív tanulásáért” című projekt keretében.



Tartalom

Bevezetés 1
1. Biopotenciálok eredete, elektródok biopotenciálok mérésére 2
1.1. Semleges molekulák diffúziója 2
1.2. Ozmózisnyomás 3
1.3. Ionok vándorlása 4
1.4. Akciós potenciál 5
1.5. Elektródok biopotenciálok mérésére 6
1.6. Elektródok modellezése 7
1.7. Elektródpolarizáció 9
1.8. Elektródtípusok (makroelektródok) 10
1.9. Mikroelektródok 13
Feladatok 14
Bibliográfia 16
2. Érzékelők és jelátalakítók az orvostechnikában 17
2.1. Mechanikai mennyiségek érzékelése 17
2.2. Fotoelektromos mérőátalakítók 27
2.3. Az ultrahang diagnosztikai alkalmazása 35
Feladatok 45
Bibliográfia 47
3. Biopotenciálok erősítése 49
3.1. Elektromos jelek és zavarok 49
3.2. Szimmetrikus erősítők 53
3.3. A mérővezetéken bejutó zavarjelek 57
3.4. Szimmetrikus erősítő kapcsolások 60
3.5. Sokcsatornás erősítők 63
3.6. Galvanikusan leválasztott erősítők 65
Feladatok 67
Bibliográfia 69
Függelék 70
4. Biológiai eredetű jelek feldolgozása 72
4.1. A jel/zaj viszony javítása 72
4.2. Biológiai eredetű jelek kiértékelése 79
4.3. Biológiai eredetű jelek tömörítése 87
Feladatok 89
Bibliográfia 90
5. Biztonságtechnika 92
5.1. Az áram fiziológiai hatása 92
5.2. Védekezés az áramütés ellen 94
5.3. A belső táphálózatok ellátási biztonságának növelése 97
5.4. Elektronikus orvosi készülékek ellenőrzése 98
5.5. Elektromágneses összeférhetőség 99
Feladatok 100
Bibliográfia 100
6. A szív elektromos aktivitásának vizsgálata 102
6.1. Az EKG-jel eredete 102
6.2. A szív elektromos működésének leírására használható modell 104
6.3. A szív elektromos működésének mérése 108
6.4. Az EKG-időfüggvény jellemzői 112

© Jobbágy Ákos, Varga Sándor

Open Access 2026-11-13

6.5. Patológiás EKG-jelek ... 113
6.6. EKG-jelfeldolgozás ... 116
6.7. Az EKG-feldolgozó algoritmusok minősítése, diagnosztizálás ... 119
6.8. Készülékek ... 120
Feladatok ... 124
Bibliográfia ... 125
7. Elektroenkefalográfia, EEG ... 127
7.1. A vizsgálandó struktúra ... 127
7.2. Szabványosítás ... 127
7.3. EEG-regisztrátumok kiértékelése ... 129
7.4. Készülékek ... 133
Feladatok ... 135
Bibliográfia ... 135
8. Vérnyomás és véráramlás mérése ... 136
8.1. A vérnyomást befolyásoló tényezők ... 137
8.2. Közvetlen vérnyomásmérési módszerek ... 138
8.3. Közvetett vérnyomásmérési módszerek ... 139
8.4. Véráramlás- és perctérfogatmérés ... 149
Feladatok ... 154
Bibliográfia ... 154
9. Légzés vizsgálata ... 156
9.1. Áramlási sebesség és ki/belélegzett térfogat mérése ... 156
9.2. Légzésmechanikai jellemzők mérése ... 158
9.3. Gázcsere mérése ... 159
9.4. Készülékek ... 162
Feladatok ... 167
Bibliográfia ... 167
10. Mozgásanalízis ... 168
10.1. Eszközök emberi mozgások analíziséhez ... 169
10.2. Markerbázisú analízis ... 171
10.3. Mozgásanalízis alkalmazása az orvosi gyakorlatban ... 179
Feladatok ... 187
Bibliográfia ... 187
11. Orvosi célú képalkotás ... 189
11.1. A röntgensugárral történő képalkotás ... 189
11.2. Ultrahangos képalkotás ... 192
11.3. Mágneses rezonancia elvén történő képalkotás (MRI) ... 195
11.4. A szervek működését bemutató képalkotás ... 197
11.5. Készülékek ... 200
Feladatok ... 204
Bibliográfia ... 204

 © Jobbágy Ákos, Varga Sándor

Open Access 2026-11-13

Bevezetés

Az egészségügyi ellátásban egyre nagyobb szerepet játszik a technika. Orvosok és mérnökök együttműködése volt szükséges egy sor ma széles körben alkalmazott eszköz kifejlesztéséhez, használatához, majd tökéletesítéséhez. Az együttműködés alapvető feltétele a közös nyelv kialakítása. Például a szív működésének vizsgálata során az orvos sinusritmusról, tachycardiáról, ectopiás ritmusról, WPW szindrómáról, P, QRS, T hullámról, a szív elektromos tengelyállásáról beszél, míg a mérnök periodikus és kváziperiodikus jelekről, idő- és frekvenciatartománybeli analízisről, alul- felül- és sáváteresztő szűrésről, indított átlagolásról minta-illesztésről.

Az elmúlt évtizedben az egészségi állapot monitorozására alkalmas készülékek új kategóriája jelent meg. Ez az otthoni monitorozásra alkalmas készülékcsalád, amely nem igényli szakképzett kezelő jelenlétét. Megalkotásukat az tette lehetővé, hogy a korszerű integrált áramköri eszközökkel a laboratóriumi berendezésekhez képest olcsó, de üzembiztos elektronikus mérőegységeket lehet megvalósítani. Ennél is fontosabb, hogy ezekben a műszerekben olyan jelfeldolgozó eljárások működnek, amelyek orvosi beavatkozás nélkül, könnyen értelmezhető megbízható információt szolgáltatnak. Sok páciens maga is szeretné érteni, miként segít rajta az otthoni mérés, és hogyan járjon el az eszköz használata során. Sokat segít, ha a paciens maga is érti, mit segít rajta az otthoni mérés, hogyan járjon el az eszköz használata során.

Az orvosbiológiai méréstechnika alapvetően méréstechnika. A biológiai eredetű, illetve a technikai folyamatok eredményeként kapott jelek kiértékelése ugyanazokkal az eljárásokkal történik. Az eljárások azonban a biológiai eredetű jelekről rendelkezésre álló a priori ismeretek figyelembevételével optimalizálhatók. Például EKG jel tömörítése során kihasználható, hogy a nagy meredekségű szakaszok aránya kicsi: a szomszédos minták különbsége a változó hosszúságú kódoláshoz sokkal kedvezőbb eloszlást mutat, mint az eredeti jel.

Az orvosi műszerek fejlesztéséhez, tökéletesítéséhez élő embereken végzett mérésekre is szükség van. Ezek során meg kell találni az egyensúlyt a hasznosság és az etikus eljárás között [1]. A paciensek bevonásával végzett orvosi kutatások fontos eleme a kellő tájékoztatás, és az ezt követően adott beleegyező nyilatkozat (informed consent) [2]. Ez döntési lehetőséget ad a pacienseknek, kívánnak-e önkéntesen részt venni a társadalom számára hasznosnak ígérkező kísérleti eljárásban. Az erre vonatkozó etikai szabályozást a Helsinki Nyilatkozat 1964-es megjelenése óta többször is finomították.

Az Orvosbiológiai méréstechnika könyvet elsősorban a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem és a Semmelweis Egyetem által közösen gondozott Egészségügyi mérnöki mesterképzés hallgatóinak szánjuk. Ez a képzés széles bázisból meríti hallgatóit. A mesterképzésbe belépők alap- vagy osztatlan képzésben szerzett végzettsége lehet villamosmérnök, orvos, gépészmérnök, egészségügyi szervező, fizikus, biomérnök, informatikus, stb. Ennek megfelelően amennyire lehet, kerültük a speciális ismeretekre építést. Arra törekedtünk, hogy a középiskolás ismeretanyag legyen elegendő a megértéshez. A könyv önálló tanulásra is alkalmas, ezt segítik a fejezetek végén szereplő feladatok, a néhány fejezetben megadott címen elérhető animációk és videók is.

A könyvben találhatók ábrák a Wikimedia Commons tárhelyről. A felhasználás feltételei elérhetők a http://wikimediafoundation.org/wiki/Terms_of_Use címen. A Wikimedia Foundation fő célja, hogy segítse a tanulást mindenki számára, szabadon felhasználható tartalmak gyűjtésével és elérhetővé tételével. Mi is töltöttünk fel anyagokat, erre buzdítjuk az Olvasót is.

Kívánunk minden Olvasónak jó szórakozást!

Jobbágy Ákos Varga Sándor

Referenciák

[1] Dr. Törő Klára, Dr. Sótonyi Péter (szerk.): Az orvostudományi kutatások etikai vonatkozásai. Jegyzet, BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar, ISBN 978 963 313 044 5

[2] Enderle J, Blanchard S, Bronzino J (szerk.): Introduction to Biomedical Engineering, Chapter 20. Academic Press, 2000. ISBN 0-12-238660-4