

## Vérnyomás otthoni monitorozása

Jobbágy Ákos, Csordás Péter, Mersich András,  
 Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
 Lupkovics Géza, Sztaniszláv Áron, Zala Megyei Kórház

A vérnyomás az egyik leggyakrabban mért fiziológiai paraméter. A vérnyomás változik a nap folyamán. A légzés, a szellemi és fizikai igénybevétel befolyásolja a vérnyomás értékét. A napi gyakorlatban elterjedt vérnyomásmérési módszerek pillanatérték megállapítására alkalmasak. Ez az akár szívütésenként változó érték jellemzésére nem megfelelő. A cikkben ismertetjük, hogyan lehet a vérnyomást pontosabban jellemezni. Bemutatjuk egy készülék kísérleti változatát, amelyet kardiovaszkuláris betegségekben szenvedők és kontroll személyek vérnyomásuk otthoni mérésére használtak több hónapon át. Elemezzük az összesen csaknem kétezer felvétel tapasztalatait.

*Blood pressure (BP) is one of the most frequently measured physiological parameter. BP varies during the day, breathing as well as physical and mental stress influence its actual value. The frequently applied measurement methods determine the momentary value of BP. This is not adequate as BP can vary from beat to beat. The paper gives a method for the better characterization of BP. An experimental device is outlined that was used by patients with cardiovascular diseases and control subjects for several months. Almost two thousand measurements were taken. The experiences gained are also given.*

### BEVEZETÉS

A kardiovaszkuláris betegségekben szenvedők aránya – hasonlóan a többi fejlett országhoz – Magyarországon is igen magas, ez a betegségcsoport okozza az elhalálozások mintegy felét [1]. A magas vérnyomás „csendes gyilkos”, önmagában nem okoz tüneteket. Általában akkor derül rá fény, amikor emiatt más betegség is kialakul. A jelenleg otthoni monitorozásra használt készülékek nem adnak megbízható információt a kezdődő hipertóniáról.

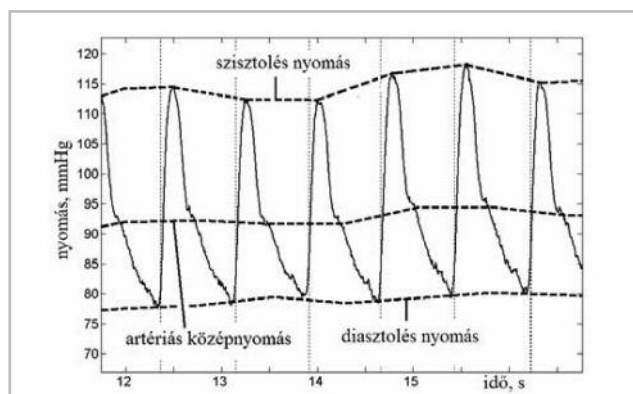
A fizikai állapotban bekövetkező apró leromlás, a kedvezőtlen tendencia minél korábbi észrevétele sokat segít a páciens egészségének fenntartásában. A korai szakaszban történő beavatkozás a páciensnek jó életminőséget, a társadalomnak hatékony egészségügyi ellátást eredményez. A vérnyomás lassú emelkedése rendszeres – megbízható – otthoni vérnyomásméréssel észrevehető, a kezelést időben elkezdve a magas vérnyomást kísérő betegségek kialakulása megelőzhető. Ehhez egy otthon, szakértelem nélkül használható készülék jelentős segítséget nyújt. Japánban, ahol a

várható élettartam igen magas, az egészségállapot otthoni monitorozása az egészségügyi ellátás fontos eleme [2].

A fiziológiai jelek otthoni monitorozása olyan mérési eljárásokat igényel, amelyek egészségügyi szakértelem nélkül is alkalmazhatók, és nem igényelnek költséges eszközöket. A cikkben bemutatott készülék alapvető feladata a jelenleg otthoni alkalmazásra kapható eszközökkel elérhetőnél pontosabb és megbízhatóbb vérnyomásmérés, de ezen felül egy EKG csatorna rögzítésére és a vér oxigéntelítettségének meghatározására is képes.

### INDIREKT VÉRNYOMÁSMÉRÉS ÉS ENNEK PONTOSÁGA

A közvetett vérnyomásmérési módszereknél a páciens artériáját egy helyen – pl. a felkaron – kívülről felhelyezett mandzsetta segítségével elszorítják. A mandzsetta nyomását változtatják, és folyamatosan mérik. A változó mandzsettanomás bizonyos kitüntetett pillanatokban megegyezik az artériás vérnyomás szélső értékeivel (a szisztolés (psys) és a diasztolés (pdia) nyomással), és így az előbbi mérve megkapjuk az utóbbiakat. E kitüntetett pillanatok helyes megállapítása a mérés alapja, a leggyakrabban használt módszereket a [3] referencia mutatja be. Ezekkel a módszerekkel a vérnyomás értékét egy adott pillanatban tudjuk meghatározni. Egyetlen pillanatérték – még ha ez pontos is – nem feltétlenül jellemzi jól a vérnyomást (1. ábra), célszerűbb statisztikai jellemzőket figyelembe venni. A szisztolés nyomás két szív ciklus alatt akár 10 mmHg-t is változhat. A mérési elvből következik, hogy az oszcilometriás módszerekkel mért psys és pdia nem azonos szív ciklushoz tartozik.



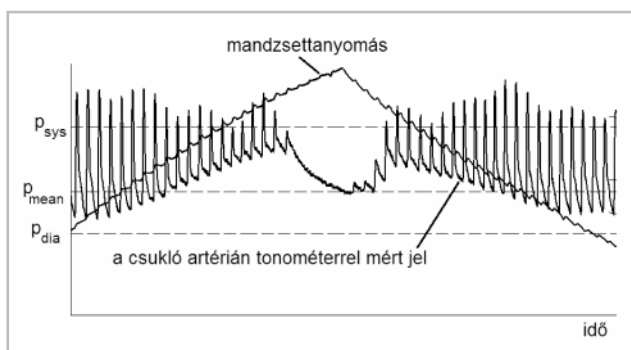
1. ábra  
 A vérnyomás változása a csukló artérián tonométerrel mérve (nyugalomban levő, ülő fiatal egészséges férfi)

Az artéria mandzsettával való elszorításán alapuló mérési elvet Scipione Riva-Rocci publikálta először 1896-ban [4]. A felkarra helyezett mandzsetta nyomását a szisztolés nyomásérték fölé fújják, majd lassan leengedik. Amikor az artériás nyomás nagyobb, mint a mandzsetta nyomása, akkor folyik vér az artériában, amikor a mandzsetta nyomása a nagyobb, akkor nem. Az alkalmazott konkrét megoldások abban különböznek, hogyan állapítjuk meg a szisztolés és a diasztolés vérnyomást egyezését a mandzsettanyomással. Az artéria mandzsettával történő elszorítása egyszerű, non-invazív mérést tesz lehetővé, de nem tesz eleget a mérésel szemben támasztott alapvető elvárásnak; a mérés a mérendő mennyiséget (vérnyomást) befolyásolja.

A mandzsetta nyomásának változtatása különböző programok szerint történhet. A leggyakoribb az, hogy a mandzsetta nyomását gyorsan felfújják  $p_{sys}$  fölé, majd lassan leeresztik. Ha a mandzsetta nyomását túl gyorsan engedjük le, akkor nagy lesz az ún. metodikai hiba. Ez abból adódik, hogy az egyik nyomáshullámnál a mandzsettanyomás még nagyobb, mint az artériás nyomás, a következőnél pedig már jóval kisebb, így a véráramlás figyelése alapján mért szisztolés nyomás kisebb lesz a ténylegesnél. Ha a mandzsetta nyomását nagyon lassan engedjük le, akkor a páciensnek okozunk kellemetlenséget, ami esetleg a páciens szisztolés vérnyomását megemeli. A szokásos kompromisszum 3 mmHg/s leeresztési sebesség. A 2. ábra mutatja a mandzsetta felfújásának és leeresztésének hatását a csukló artéria nyomására, amelyet tonométerrel (COLIN CBM 7000) mértünk. Az ábrán feltüntettük a mandzsettafelfújás indítása előtt meghatározott szisztolés-, diasztolés- és artériás középnyomás ( $p_{mean}$ ) értékét. Látható, hogy a mandzsettanyomás diasztolés érték alá csökkenésekor a nyomásértékek még magasabbak, mint a mérés megkezdése előtt voltak.

A szervezet szabályozó mechanizmusa miatt a szisztolés és a diasztolés nyomás rövidtávon is változik. Az otthoni vérnyomásmérésre alkalmazható, kereskedelmi forgalomban kapható készülékek túlnyomó többsége az oszcilometriás módszert [5], [6] használja. Ez a módszer az artériás középnyomást méri, ebből a szisztolés és diasztolés nyomásra csak következtet sok emberről felvett jelek alapján meghatározott összefüggést felhasználva. Ez a módszer általában jól működik egészséges embereknél. A módszer szív- és érrendszeri betegségekben szenvedők esetében a tényleges vérnyomástól akár jelentősen eltérő eredményre vezethet. Emiatt az orvosok az oszcilometriás vérnyomásmérők eredményét érthetően fenntartásokkal fogadják (2. ábra).

A vérnyomásmérés esetén nem áll rendelkezésre „ismert jó” érték (referencia), amivel a készülékek kalibrálhatók lennének. A brit (BHS, British Hypertension Society [7]) és az amerikai (AAMI, Association for the Advancement of Medical Instrumentation [8]) szakmai szervezetek által kiadott szabványok a vérnyomásmérők minősítéséhez referenciának a szakértő kezelő által működtetett, manuális módon mért értéket tekintik. Ez egyrészt szubjektív hibát visz a



2. ábra  
A mandzsetta lassú felfújása és lassú leeresztése alatt az ujjbegyen mért fotopletizmográfias (PPG) jel

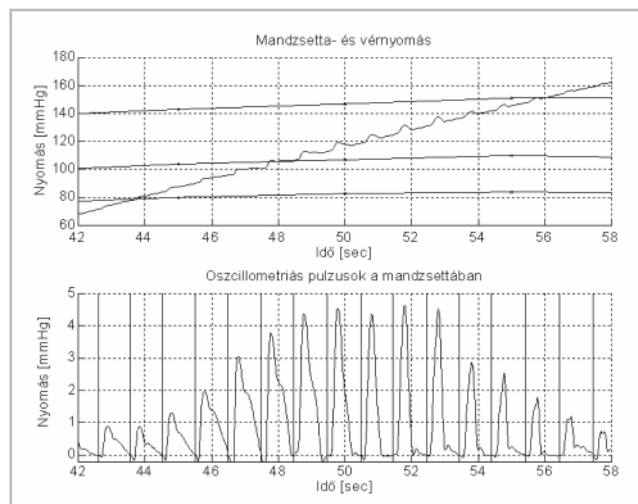
minősítésbe másrészt a nem azonos időben történő mérés miatt az összehasonlítás jogossága megkérdőjelezhető. Mindkét szabvány jelentős eltéréseket enged meg a referenciaértéktől. A BHS a legjobb minősítéshez (grade A) megengedi, hogy a mérések 40%-a több mint 5 mmHg, a mérések 15%-a több mint 10 mmHg és a mérések 5%-a több mint 15 mmHg eltérést mutasson. Klinikai felmérések azt mutatják, hogy a készülékek jelentős része ennek az előírásnak sem felel meg.

Az artériás rendszer fizikai modellje [9] lehetővé teszi a különböző mérési eljárások tesztelését. Vizsgálni lehet a lényeges tényezők (verőtér fogat, szívfrekvencia, érfal rugalmasság) hatását a különböző módszerekkel mért vérnyomás értékek pontosságára.

A [10]-ben közölt elemzés szerint a vérnyomásmérés során 5 mmHg rendszeres hiba akár 21 millió amerikai esetben kielégítheti az antihipertenzív kezelés megkezdését, míg másik 27 millió amerikaiánál feleslegesen vérnyomáscsökkentő gyógyszerrel eredményezhet.

A legelterjedtebben használt indirekt eljárás az oszcilometriás módszer. Ennek során a mandzsetta nyomásában az artéria lüktetése által okozott változásokat mérik. A maximális nyomásváltozás (oszcilláció) akkor lép fel, amikor a mandzsetta nyomása megegyezik az artériás középnyomással. A módszer ismertnek és állandónak tételezi fel a szisztolés illetve a diasztolés nyomással megegyező mandzsettanyomás mellett fellépő nyomás oszcillációk maximális oszcillációhoz viszonyított arányát. Ezzel a feltételezéssel a szisztolés és diasztolés nyomásértékek megbecsülhetők. Sokan kimutatták, – és az erre vonatkozó eredményeiket publikálták – hogy a becsléshez használt fenti arányok (konstansok) személyre szabása lenne szükséges [11]. Ennek gyakorlati megvalósítása azonban idő- és eszközigényes lenne. Egyszerű megvalósíthatósága miatt a statisztikai módszerekkel meghatározott arányokat (konstansokat) használó oszcilometriás módszer a legelterjedtebb az automata- és félautomata vérnyomásmérőkben (3. ábra).

Oscillációs nyomásváltozásokat mutat a mandzsetta nyomásának függvényében a 3. ábra. A mandzsettás méréssel egy időben (az arteria femoralisban) invazív nyomásmérés is történt. A szisztolés és diasztolés nyomáson kívül



**3. ábra**  
**Nyomás oszcillációk a mandzsettanyomás függvényében (lent).**  
**A felső ábrán a mandzsettanyomás, és az invazív módon mért vérnyomásértékek láthatók**

az artériás középnyomás is látható. A függőleges vonalak a kamrai összehúzódások idejét jelölik, az EKG QRS komplex meghatározása alapján. A maximális amplitúdójú oszcilláció helye nem határozható meg egyértelműen, nem esik egybe az invazív módon mért artériás középnyomással, és – noha a vizsgált páciens a mérés alatt nyugodtan feküdt – a mérendő vérnyomás is folyamatosan változik.

### A VÉRNYOMÁS PONTOSABB JELLEMZÉSE

Közismert, hogy vérnyomásunk a nap folyamán nem állandó. Nemcsak a nappali és az éjszakai értékek térnek el, hanem fizikai igénybevétel vagy pszichés behatás is jelentősen megváltoztathatja a vérnyomást. Nyugalmi állapotban is előfordul, hogy a vérnyomás minden szív ciklusban más és más értékű. A légzés akár  $\pm 5$  mmHg eltérést is okozhat. A jelenleg elterjedten használt készülékek döntő többsége csak pillanatérték mérésére képes. Egy adott személy esetén a változékonyság, például a szisztolés és diasztolés értékek meghatározott időre számított átlagán túl a szórása lényegesen nagyobb diagnosztikai értékű információt jelent a pillanatértékeknél. A kutatásainkhoz használt kísérleti készülék vezérelhető nyomású felkari mandzsettát és ehhez kapcsolt nyomásérzékelőt, Einthoven I elvezetésű EKG-t és mindkét kéz mutatóujjának ujjbegyén fotopletizmográfias (PPG) jelet mérő egységet tartalmaz. Mindkét ujjon történik vörös fényrel mérés, ezen kívül a baloldalon infravörös fényrel is. Az azonos ujjon, két hullámhosszon történő mérés alapján lehetőség van a vér oxigéntelítettségének meghatározására. Minden érzékelő kimeneti jelét 1000 minta/másodperc gyakorisággal, 12 bites A/D átalakítóval mintavevelezzük.

Az általunk javasolt indirekt mérési módszer [12,13,14] a jelenleg használt módszereknél jobban jellemzi a vérnyo-

mást. Az eljárás a mandzsetta lassú felfújása alatt méri a mandzsetta nyomását, rögzíti a vizsgált személy EKG-ját (Einthoven I-es vagy II-es elvezetés) és az ujjbegyén felvett PPG jelet. A mérési eljárás az alábbi új elemeket integrálja.

- A mérés előtt meg kell állapítani, hogy az adott személy nyugalomban van-e. (Ha a vérnyomásméréskor a vizsgált személy nincs nyugalomban, akkor a kapott eredmény félrevezető lehet.) Ez teljesen leeresztett mandzsetta mellett az EKG és a PPG jelek közti késleltetés ( $\Delta$ TEP) és a szívfrekvencia változás (heart rate variability, HRV) mérése alapján történik. Általános kritérium a mandzsettafelfújás elindítása előtti 30 egymást követő szívperiódus idejének (tRR) relatív szórása alapján adható. A méréshez szükséges nyugalmi állapot pontosabban meghatározható, ha személyre szabott kritériumot használunk.
- A pillanatnyi szívfrekvenciát a mandzsetta felfújása előtt, alatt, a leeresztés alatt és után mérve jellemezhető a vérnyomás rövid idejű (a szívfrekvenciával kapcsolatban levő) változékonysága.
- $\Delta$ TEP kiértékelése alapján megállapítható a diasztolés érték.  $\Delta$ TEP a mandzsetta nyomásának növelésekor növekszik. A  $\Delta$ TEP(pmandzsetta) függvény lassú felfújáskor bekövetkező maximális meredekség változása jelöli ki a diasztolés vérnyomás értékét.
- A PPG jel felhasználásával közvetlenül mérhető a pillanatnyi szisztolés érték, lassú felfújás mellett. Ezt az értéket a PPG jel lüktetésének megszűnése jelöli ki.

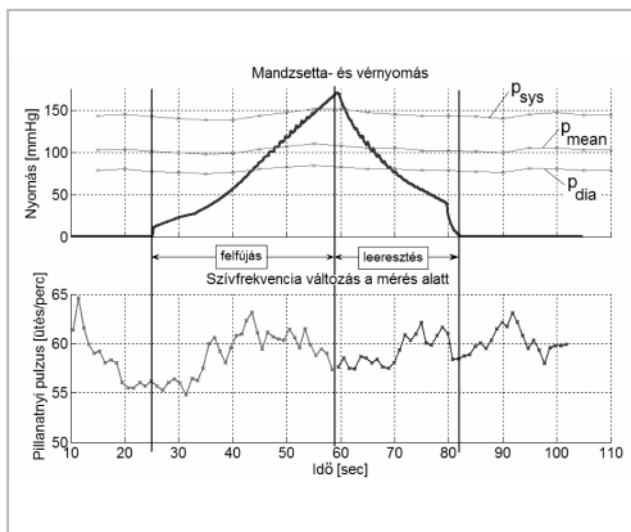
### OTTHONI MONITOROZÓ KÉSZÜLÉK ALKALMAZÁSÁNAK TAPASZTALATAI

A GVOP által támogatott Egészségállapot otthoni monitorozása projekt (résztevők: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Semmelweis Egyetem, Zala Megyei Kórház, Pécsi Tudományegyetem Egészségügyi Főiskolai Kar Zalaegerszegi Képzési Központ, Flextronics International) keretében az általunk kifejlesztett otthoni monitorozó készülék tíz kísérleti példányát állítottuk elő. A tíz készülék közül nyolcat Zalaegerszegen, a Zalai Nyitott Szív Egyesület önként jelentkező tagjai használtak, kettőt pedig Budapesten, egészséges kontroll személyek. Zalaegerszegen a paciensek orvosi felügyeletét a ZMK orvosai látták el, a készülékek használatában a PTE ETK ZKK munkatársai nyújtottak segítséget [15].

Az általánosan használt otthoni vérnyomásmérési módszer már azzal is jelentősen javítható, ha a szívfrekvencia mérés közbeni változásait figyelembe vesszük. (A kereskedelmi forgalomban kapható vérnyomásmérők a mérés idejére számított átlag szívfrekvenciát jelzik ki.) A 4. ábrán az a felvétel látható, amelynek egy részét kinagyítva a 3. ábra mutatja. A felvétel első 24 másodpercében a mandzsetta teljesen leeresztett állapotban van. Látható, hogy ezalatt a vérnyomás emelkedett majd csökkent. Nagyobb mértékű változás következett be a mandzsetta felfújása alatt. A mint-

egy kétpercnyi mérési idő alatt a szisztolés nyomás több mint 10 mmHg-t ingadozott. A pillanatnyi szívfrekvencia sem a mandzsetta felfújása előtt, sem a felfújás-leeresztés alatt, sem a leeresztés után nem állandó. A pillanatnyi szívfrekvencia vizsgálata alapján megállapítható, hogy a pontos méréshez szükséges mértékben nyugodt-e a paciens. Ezen felül, a szívfrekvencia változása alapján következtetni lehet a szisztolés nyomás rövid idejű változására is. Fontos azonban hangsúlyozni, hogy a szívfrekvencia- és vérnyomásváltozás közötti kapcsolat erősen egyéni. Így a pillanatnyi szívfrekvencia mérése csak a vizsgált egyénről készült legalább tíz felvétel analizálása után („identifikáció”) használható a vérnyomás változékonyságának elemzésére.

A projekt keretében elvégzett kutató-fejlesztő munka, és a kísérleti készülékek alkalmazásának tapasztalatai megalapozzák az eredmények termékbe való beépítését. Ezt az egészségállapot otthoni monitorozásához kapcsolódóan látjuk lehetségesnek. A termékfejlesztéshez az orvosi és mérnöki szakértelmen kívül marketing és termékmenedzseri kompetenciával rendelkező partner bevonása szükséges.



4. ábra  
Fekvő páciens, invazív vérnyomásmérés. A mandzsetta felfújás és leeresztés hatása a vérnyomásra (fent) és a szívfrekvenciára (lent)

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] [www.bel2.sote.hu/hipertonია](http://www.bel2.sote.hu/hipertonია)
- [2] Togawa T: Home health monitoring J Med Dent Sci 1998; 45: 151-160.
- [3] Halász G. (szerk): Biomechanika. Műegyetemi Kiadó, 2007.
- [4] Brown WC, O'Brien ET, Semple PF: The sphygmomanometer of Riva-Rocci 1896 – 1996. J Hum Hypertens 1996; 10:723-4.
- [5] Drzewiecki G, Hood RH, Apple H: Theory of the Oscillometric Maximum and the Systolic and Diastolic Detection Ratios. Annals of Biomedical Engineering, Vol. 22. pp. 88-96, 1994.
- [6] Drzewiecki G: Noninvasive Assessment of Arterial Blood Pressure and Mechanics. In Bronzino (ed.) Biomedical Engineering Handbook, CRC Press, pp. 1196-1211, 1995.
- [7] [www.bhsoc.org](http://www.bhsoc.org)
- [8] [www.aami.org](http://www.aami.org)
- [9] Molnár FT, Till S, Halász G: Arterial Blood Flow and Blood Pressure Measurements on a Physical Model of Human Arterial System. IFMBE Proceedings, Vol. 11, 2005. ISSN 1727-1983. pp. 2324-2329. EMBEC 05, Prague, Nov. 20-25. 2005.
- [10] Jones DW, Appel LJ, Sheps SG, Roccella EJ, Lefant C: Measuring Blood Pressure Accurately. New and Persistent Challenges. JAMA 2003;289:1027-1030.
- [11] Ursino M, Cristalli C: A Mathematical Study of Some Biomechanical Factors Affecting the Oscillometric Blood Pressure Measurement. IEEE Tr. on BME, Vol. 43., No. 8. pp. 761-778, 1996.
- [12] Jobbágy Á: Using photoplethysmographic signal for increasing the accuracy of indirect blood pressure measurement. Proc. Estonian Acad. Sci. Eng., 2004, 10, 2, pp. 110-122.
- [13] Jobbágy Á, Csordás P, Mersich A: Accurate Blood Pressure Measurement at Home. Conf. Proc. of MEDICON 2004, X. Mediterranean Conf. on Medical and Biological Engineering and Computing. 1-5 Aug. 2004, Ischia, Italy. 4 pages. (paper no. 40. on CD-ROM. ISBN: 88-7780-308-8.
- [14] Jobbágy Á: Early diagnosis and objective assessment of patients with neural and cardiovascular diseases. MTA Doktori értekezés, 2005.
- [15] Karamánné PA, Peterka G, Dér A, Bujtor A, Dancsné BK, Czömpöl O: Egy kifejlesztés alatt álló otthoni monitorozó készülék iránti igények felmérése Zala megyében. Nővér, az ápolás elmélete és gyakorlata. 2006. 19. évfolyam 5. szám. 30-37 old.

Folytatás a következő oldalon.

SZERZŐK BEMUTATÁSA



**Jobbágy Ákos** villamosmérnök (1975), az MTA doktora (2007). 1976 óta a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszéken dolgozik, 2007 óta egyetemi tanár. Szakmai

érdeklődési köre a markerbázisú mozgásanalízis és az egészségállapot otthoni monitorozása. Az International Federation for Medical and Biological Engineering Administrative Council tagja, a MAOTE Elektronikus Műszer- és Orvostechnikai Szakosztály elnöke.



**Lupkovics Géza** orvos (1985), szakvizsgával rendelkezik az aneszteziológia és intenzív terápia továbbá a kardiológia területén. A Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Egyetemen

majd a Ludwig Maximilians Universität (München) klinikáján dolgozott. 1996 óta a Zala Megyei Kórház Kardiológiai Osztály osztályvezető főorvosa. Szakmai érdeklődési területe a szívbetegségek klinikai és experimentális vizsgálata.



**Csordás Péter** villamosmérnök (2004), hároméves doktori képzés eredményes befejezése után doktorjelölt a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi

Egyetem Villamosmérnöki Tudományok Doktori Iskolájában. Szakmai érdeklődési köre a keringési rendszer non-invazív vizsgálata, valamint elektronikus orvosi műszerek vezérlőjének tervezése, szoftverfejlesztés.



**Mersich András** villamosmérnök (2004), hároméves doktori képzés eredményes befejezése után doktorjelölt a Budapesti Műszaki és Gazdaság-

tudományi Egyetem Villamosmérnöki Tudományok Doktori Iskolájában. Szakmai érdeklődési köre a keringési rendszer modellezése és non-invazív vizsgálata, valamint elektronikus orvosi műszerek hardverének tervezése.



**Sztaniszláv Áron** orvos (2004), a PTE ÁOK Szívgyógyászati Klinikán szerzett gyakorlatot és végzett TDK munkát. A

Zala Megyei Kórház Kardiológiai Osztályán dolgozik, itt szerzett alapszintű gyakorlatot az echokardiográfiában, koronarográfiában és pacemaker programozásban.



**VII. Infokommunikációs Konferencia**

2009. április 29. (szerda)

Helyszín: Best Western Hotel Hungaria (1074 Budapest, Rákóczi út 90.)