

Az oszcillometriás vérnyomásmérés korlátai

Csordás Péter*, Mersich András*, Molnár Ferenc**, Till Sára**
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest
Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék**
Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék*

Absztrakt

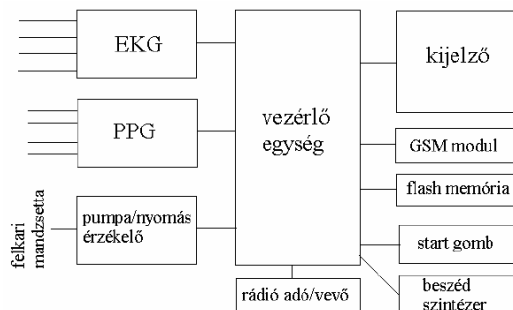
Röviden bemutatunk egy fejlesztés alatt álló otthoni monitorozó készüléket, ami elsősorban az erek állapotának jellemzésére, illetve pontos (folytonos) vérnyomásmérésre szolgál. Ehhez az általánosan ismert oszcillometriás vérnyomásmérési eljárást fiziológiai jelekből (EKG PPG) származtatható paraméterek segítségével pontosítjuk.

A kutatást segíti az artériás érhálózat bemutatásra kerülő fizikai modellje. Az ezen végzett mérések alapján a kidolgozott algoritmusok kevesebb páciens részvételével validálhatók, a szükséges invazív mérések száma minimálisra csökkenthető. Az előnyöket az oszcillometriás vérnyomásmérési módszer elemzésén keresztül demonstráljuk.

1. Bevezetés

Az otthoni monitorozás az orvoslás egy hazánkban is egyre fontosabbá váló területe [2]. Segítségével az egészségügyben dolgozók tehermentesítése mellett a páciensek magasabb színvonalú ellátása és a hatékonyabb megelőzés is lehetővé válik.

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen fejlesztés alatt álló eszköz a páciens kardiovaszkuláris állapotának nyomon követésére szolgál. Felépítését az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra: Az otthoni monitorozó készülék funkcionális blokkdiagramja

A fiziológiai jelek (EKG, PPG- fotopletizmográf) rendszeres rögzítése - lehetővé téve az utólagos szakértői kiértékelést - már önmagában is nagy segítséget jelent az orvosoknak. E mellett a készülék alkalmas ütemezett mérés elmaradása, illetve a monitorozott személy mért jelek alapján megállapítható kóros állapota esetén a hozzátartozó, illetve a kezelőorvos mobiltelefonon történő értesítésére. A legfontosabb - az eszköz által vizsgált - paraméterek: az artériás rendszer általános állapotát jellemző index(ek), illetve a vérnyomás és annak változásai. Az ezek számítását végző algoritmusok kidolgozása folyamatban van, jelen cikkben a pontos vérnyomásméréssel kapcsolatos problémák közül mutatunk be néhányat.

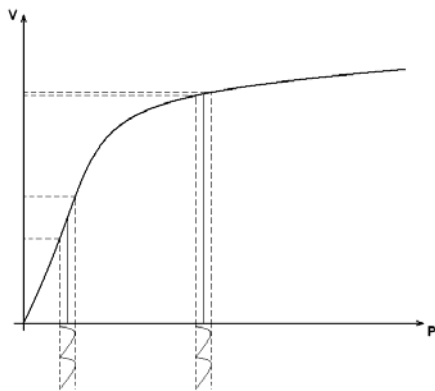
A fent említetteken kívül természetesen egyéb fontos számítások is végezhetők a monitorozó eszközzel - például szívfrekvencia változékonyság vizsgálat, alap szintű EKG analízis.

2. Az oszcillometriás vérnyomásmérés

2.1. A mérési elv

Az ér, mint viszkoelasztikus szövet karakterisztikáját vizsgálva azt találjuk, hogy az ér mechanikailag terheletlen állapotában - vagyis amikor tenziója (feszülése) minimális - az egységnyi nyomásváltozásra bekövetkező térfogatváltozása maximális (2. ábra). Az oszcillometriás módszer mellett ezt használják ki például az ér folyamatos tehermentesítésén (vascular unloading) alapuló eljárások is [4]: Ha az éret mandzsettával vesszük körül, akkor az abban a pulzushullám hatására keletkező oszcillometriás amplitúdók ideális esetben akkor maximálisak, mikor a mandzsetta nyomása épp megegyezik a belső, statikus (átlag) vérnyomással (MAP - Mean Arterial Pressure). Ekkor az érfalat minimális nyomás terheli, tenziója kicsi. Egyes készülékekben (pl. FINAPRES) bonyolult szabályozó rendszer segítségével tartják a mandzsetta nyomását a MAP közelében, ezzel folyamatosan mérve értékét. Sajnos a következőkben tárgyalt problémák nagy része ezekre az eszközökre is

vonatkozik, ugyanúgy, mint a csupán a MAP egy pillanatértékét meghatározó – viszont jóval egyszerűbben és olcsóbban implementálható – oszcillometriás módszerre.

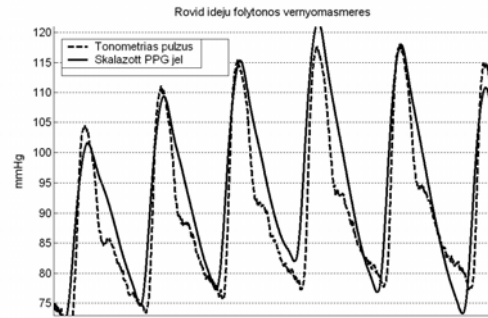


2. ábra: Egy artéria nyomás-térfogat karakterisztikája

2.2. A mérés korlátai, néhány megoldási alternatíva

A mérési elvből egyértelműen következik, hogy az csupán a MAP mérésére alkalmas. A szisztolés és diasztolés érték *becslése* statisztikailag helyesnek bizonyult tapasztalatok alapján történik. Ez azért jelent problémát, mert általában éppen a kardiovaszkuláris megbetegedésben szenvedők azok, akiknél ez az eljárás nem alkalmazható biztonsággal, hiszen ők betegségük miatt eltérnek a statisztikai átlagtól. A fejlesztés alatt álló eszköznél ezt egyéb paraméterek párhuzamos vizsgálatával igyekszünk figyelembe venni. A felkart elszorító mandzsettától disztálisan elhelyezett PPG szenzor jelének eltűnése a mandzsetta felfújása alatt a pontos szisztolés vérnyomás megállapítását segíti [6]. Újabb kutatási eredményeink szerint az EKG és PPG jel közti késleltetés változásai alapján következtethetünk a diasztolés vérnyomásra.

A Semmelweis Egyetem Klinikai Kísérleti Kutató- és Humán Élettani Intézetében, egy COLIN típusú tonométerrel párhuzamosan végzett néhány mérésünk azt igazolja, hogy amennyiben elő tudunk állítani egy a páciensre jellemző „referencia” PPG jelet, és legalább két vérnyomásértéket (például a szisztolés és középnyomást) pontosan ismerünk, lehetőség van a pletizmográf jelének átskálázására, és folytonos vérnyomás jelként való értelmezésére [1] (3. ábra). Látható, hogy az átskálázott PPG jel jól követi a tonometriás pulzusok változásait. A vérnyomás változékonysága miatt azonban a skálázáshoz szükséges összetartozó nyomásérték párok meghatározása nehézkes lehet.



3. ábra: Folytonos vérnyomás követés a PPG jel skálázásával

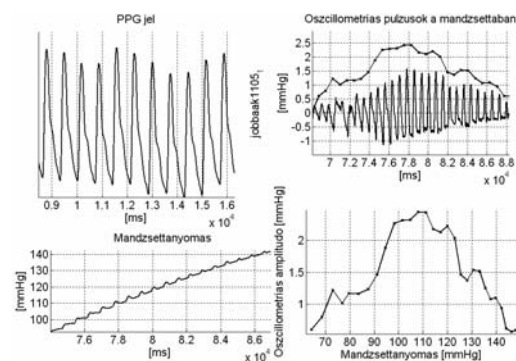
Figyelembe kell vennünk azt is, hogy a felkar mandzsettás elszorításának következtében esetenként a vérnyomás jelentősen változhat, így a mért értékek nem szükségszerűen jellemzik a páciensét. A mérés pontatlanságát tovább növelheti a mandzsetta és a mérőműszer közötti gumicső nyomásjel torzító hatása [7].

A kutatás szempontjából jelentős probléma, hogy bármilyen új vagy módosított vérnyomásmérési módszert invazív mérési eredmények segítségével kell validálni. Többek között ebben is segítséget nyújthat az artériás hálózat alább bemutatott fizikai modellje.

3. Módszerek

3.1. Kísérleti személyek

A Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszéken számos fiatal és idős, egészséges páciensről készítettünk felvételeket, minek során rögzítettük az Einthoven I. elvezetésben az EKG jelet, az ujjbegyre helyezett PPG jelet, valamint az általunk vezérelt mandzsetta nyomását. A regisztrátumokat PC felé továbbítottuk, és MATLAB használatával dolgoztuk fel. Az oszcillometriás vérnyomásmérés menetét szemlélteti a 4. ábra.

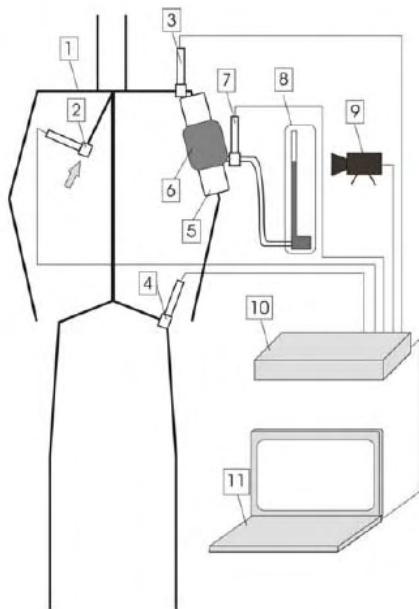


4. ábra: Az oszcillometriás mérés menete

Új algoritmusok fejlesztése kísérleti személyekről készült felvételek alapján nehézkes lehet, mert a mérendő paramétert számos folyamatosan – és csak részben befolyásolható módon – változó fiziológiai jellemző (például a légzés) módosíthatja. Egy új eljárás tesztelésekor nagy segítséget jelent egy teljes mértékben kontrollálható fizikai modell.

3.2. Fizikai modell

A Hidrodinamikai Rendszerek Tanszéken elkészített fizikai modell flexibilis szilikon elasztomer csövekből, illetve műerekből épül fel. A szívét membránszivattyú, a karszövetet folyadékkal töltött flexibilis csövek modellezik [3]. A mandzsetta lassú leeresztése közben regisztráljuk a mandzsettanyomást, és az érhálózat több pontján az érben belüli nyomást (5. ábra). A felvételeket ebben az esetben is MATLAB-bal dolgozzuk fel.

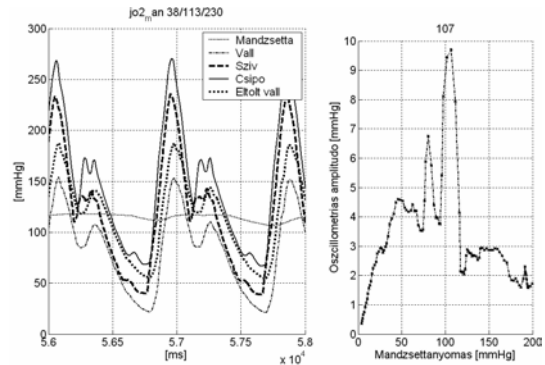


5. ábra: A mérési elrendezés

1. Az artériás hálózat modellje,
- 2-3-4-7. Nyomás távadók:
aorta, a. axillaris, a. femoralis, mandzsetta
5. karszövet, 6. mandzsetta, 8. manométer
9. kamera, 10. adatgyűjtő, 11 PC

4. Eredmények

Egy a modellen végzett oszcillometriás mérés eredményeit a 6. ábra mutatja. Mivel a modell csöveinek többsége sokkal merevebb az emberi erek falánál, a nyomás abszolút értékben eltér a humánban megszokottól, de alakja azzal összevethető.



6. ábra: Az artériás hálózat modelljén végzett oszcillometriás vérnyomásmérés. A részleteket lásd a szövegben.

Az aortában mért pulzushullám diasztolés, MAP, és szisztolés értékei: 38/113/230 mmHg. Az oszcillometriás amplitúdók alapján MAP 107 mmHg-re adódik, ami az adott körülmények között elfogadható, ha figyelembe vesszük, hogy a statikus nyomás meghatározása szempontjából zavaróként jelentkező oszcillometriás pulzusok a modellben elérik a közel 10 mmHg-t. Ez egyúttal mutatja, hogy humán méréseknél is fontos lehet a mandzsettanyomás görbéjének körültekintő szétválasztása statikus és dinamikus komponensekre.

A diszkrét oszcillációs pontokra megfelelő burkoló görbét illesztve a mérés pontossága esetlegesen növelhető.

Az irodalomban (például [5]-ben) megadott statisztikai értékek alapján a szisztolés és diasztolés nyomás természetesen nem számítható, hiszen a modellben használt csövek anyagi jellemzői eltérnek az átlagos emberi ér paramétereitől.

Az ábrán vastag, pontozott vonallal a vállban mért, de középpértékét tekintve „szívmagasságba eltolt” nyomásgörbe látható. Az ehhez rendelhető diasztolés és szisztolés nyomásoknál az oszcillometriás görbén – több felvétel esetében is – jellegzetes törés látható. A jelenség további vizsgálatokat igényel.

5. További tervek

Az oszcillometriás vérnyomásmérés vizsgálata a fentebb leírtak szerint folytatódhat. A fizikai modell tovább javítható a szilikon elasztomer csövek műerre cserélésével. Ugyanakkor egyes szakaszokat merevebb csövekre cserélve vizsgálható, hogy hogyan változnak a mért paraméterek az érfal merevségének függvényében.

Elemezhető a mért paraméterek változása adott fiziológiai jellemző (például a szívfrekvencia) függvényében is.

A modellre PPG szenzort szerelve vizsgálható a korábban leírt PPG skálázási algoritmus pontossága.

Az otthoni monitorozó prototípusának elkészítése után felvételek készülhetnek tudottan kardiovaszkuláris megbetegedésben szenvedő páciensekről.

Köszönetnyilvánítás

A cikkben leírt kutatómunkát a GVOP-3.1.1.-2004-05-0340/3.0 pályázat támogatta.

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Hidrodinamikai Rendszerek Tanszéke Hemo- és hidrodinamikai rendszerek numerikus és kísérleti vizsgálata címmel egy hároméves kutatási támogatást nyert el az OTKA alapítványtól (T 048529).

Referenciák

- [1] Csordás Péter. Fiziológias jelek otthoni monitorozása. BUDAMED '05, 2005;61-64.
- [2] Jobbágy Ákos. Egészségi állapot otthoni monitorozása. BUDAMED '05, 2005;49-52.
- [3] Molnár Ferenc, Till Sára, Halász Gábor. Arterial blood flow and blood pressure measurement on a physical model of human arterial system. IFMBE Proc. of 3rd EMBEC '05, 2005;CD
- [4] Drzewiecky G. Noninvasive assessment of arterial blood pressure measurement. The Biomedical Engineering Handbook 1995;1196-1211.
- [5] B. Wilk. Oscillometric measurement of arterial blood pressure: estimation and analysis of the envelope of oscillations. IFMBE Proc. of 3rd EMBEC '05, 2005;CD
- [6] Jobbágy Ákos. Using photoplethysmographic signal for increasing the accuracy of indirect blood pressure measurement. Proc. Estonian Acad. Sci. Eng., 2004;10, 2; 110-122
- [7] Molnár Ferenc, Dr. Halász Gábor. Fluid dynamical investigation of the auscultatory blood pressure measuring method. Proc. of the first conference on biomechanics, Budapest, Hungary, 2004; 295-302.

Levelezési cím:

Csordás Péter
H-1521 Budapest, Pf. 91.
csordas@mit.bme.hu