

**Ministerul Educației al Republicii Moldova**  
**Universitatea Tehnică a Moldovei**  
**Programul de masterat „Inginerie Biomedicală”**



Co-funded by the  
Tempus Programme  
of the European Union

Cu suportul proiectului TEMPUS Inițiativa Tempus Educație în  
Inginerie Biomedicală în Aria de Vecinătate Estică (BME-ENA)

**Admis la susținere**  
**Șef department MIB:**  
**prof.univ.dr. Șontea Victor**

” \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2013

# **STUDIUL METODELOR DE MĂSURARE A TENSIUNII ARTERIALE**

**Teză de master**

**Masterand:** \_\_\_\_\_ **(Costiuc Maria)**

**Conducător:** \_\_\_\_\_ **(Vovc Victor)**

**Chișinău – 2019**

## Adnotare

Teza cuprinde introducerea, trei capitole, concluzii, bibliografia din 57 titluri, 51 pagini text de bază, inclusiv 32 figuri și 3 tabele.

**Cuvinte cheie:** tensiune arterială, tensiunea sistolică, tensiunea diastolică, măsurarea tensiunii arteriale, dispozitiv de măsurare a tensiunii arteriale, sfigmomanometru, oscilometru, invaziv, non-invaziv, comparare.

**Domeniul de cercetare** îl constituie aspectele teoretice și practice ale aprecierii tensiunii arteriale în contextul intercalării domeniului medical terapeutic și ingineriei biomedicale

**Scopul lucrării:** Studiarea și compararea metodelor de măsurare a tensiunii arteriale în condiții de staționar

**Obiective:** Aprecierea valorilor tensiunii arteriale sistolice și diastolice la pacienții din staționar și lucrătorii din cadrul aceleiași instituții; evidențierea particularităților metodelor utilizate pentru aprecierea tensiunii arteriale; studierea și analiza rezultatelor obținute în urma măsurărilor efectuate în scopul comparării metodelor utilizate.

**Noutatea și originalitatea** se datorează lipsei cercetărilor și studiilor recente în vederea comparării metodelor de apreciere a tensiunii arteriale atât în Republica Moldova cât și peste hotare, inclusiv compararea a simultană a mai multe dispozitive, folosite în studiul prezentat mai jos. Cercetările prezente în acest domeniu prezintă date vechi sau compară doar două dispozitive.

**Semnificația teoretică** Rezultatele studiului completează informația atât în domeniul medicinei cât și ingineriei biomedicale privitor la diversitatea metodelor de apreciere a tensiunii arteriale, cu evidențierea caracteristicilor de bază, punctelor forte și celor slabe, și compararea acurateței și utilității lor.

**Valoarea aplicativă a lucrării** constă în evidențierea metodei maximal eficiente pentru măsurarea tensiunii arteriale, cu aprecierea gradului de acuratețe a dispozitivelor folosite în acest domeniu. La fel, permite identificarea problemelor apărute în timpul utilizării dispozitivelor și posibilitatea evitării sau excluderii acestora. Rezultatele expuse demonstrează utilitatea practică a dispozitivelor aflate în liberă utilizare, prezentând o comparare simultană a unui număr mai mare de dispozitive. Concluziile formulate permit aprecierea mai ușoară a beneficiului utilizării unui dispozitiv sau altui, și subliniază direcțiile ulterioare de cercetare și dezvoltare privitor măsurarea tensiunii arteriale, în domeniul ingineriei biomedicale.

## Annotation

The thesis includes the introduction, three chapters, conclusions, bibliography of 90 titles, 51 pages of basic text, including 32 figures and 3 tables.

**Keywords:** blood pressure, systolic blood pressure, diastolic blood pressure, blood pressure measurement, instruments for blood pressure measurement, sphygmomanometer, oscillometer, invasive, non-invasive, comparison.

**The research field** constitutes theoretical and practical aspects of the blood pressure assessment in the context of a multidisciplinary approach between general medicine and bioengineering.

**Purpose of the thesis:** To study and compare the methods of blood pressure measurement

**Objectives:** The assessment of systolic and diastolic blood pressure values in patients and workers from the hospital; the highlighting of the particularities of the methods used to assess blood pressure; the study and analysis of the results obtained from the measurements in order to compare the used methods.

**The novelty and originality** are due to the lack of fresh researches and recent studies in the field of comparison of methods for blood pressure measurement, nor in the Republic of Moldova, neither abroad, including the simultaneously comparison of several devices, which are presented in the study below. Existent researches in this area present old data or compare just two devices.

**Theoretical significance** The results of the study complete the information both in the field of medicine and bioengineering regarding the diversity of methods for blood pressure measurement, highlighting the basic characteristics, strengths and weaknesses, and comparing their accuracy and usefulness.

**The applicative value** of the thesis consists in highlighting the maximum efficient method for blood pressure measurement, with accuracy appreciation of the devices used in this field. Also, it allows to identify the problems that appeared during the use of the devices and the possibility of avoiding or excluding them. The results presented show the practical usefulness of the devices that are in free access, presenting a simultaneous comparison of a larger number of devices. The conclusions made allow a better appreciation of the benefit of using one device or another, and underline the further directions for research and developments in the field of bioengineering, regarding the blood pressure measurement.

## CUPRINS

<b>INTRODUCERE</b> .....	6
<b>1. TENSIUNEA ARTERIALĂ</b> .....	8
<b>1.1. Fiziologia tensiunii arteriale</b> .....	8
<b>1.2. Reglarea tensiunii arteriale</b> .....	12
<b>1.3. Noțiuni generale</b> .....	14
<b>1.4. Istoric</b> .....	17
<b>1.5. Tehnica măsurării tensiunii arteriale</b> .....	21
1.5.1. Locul de măsurare a tensiunii arteriale. ....	21
1.5.2. Pregătirea pacientului.....	21
1.5.3. Manșeta .....	22
1.5.4. Poziția corpului .....	24
1.5.5. Diferența între brațe. ....	25
1.5.6. Situații speciale de măsurare a tensiunii arteriale .....	26
<b>2. MĂSURAREA TENSIUNII ARTERIALE</b> .....	29
<b>2.1. Metode directe / invazive</b> .....	29
<b>2.2. Metode indirecte / non-invazive</b> .....	32
2.2.1. Metoda palpatorie .....	33
2.2.2. Metoda auscultatorie .....	33
2.2.3. Sfigmomanometrul cu mercur .....	35
2.2.4. Sfigmomanometru aneroid.....	36
2.2.5. Metoda ultrasonografică .....	37
2.2.6. Metoda oscilometrică.....	37
2.2.7. Timpul de tranzit al pulsului .....	40
2.2.8. Velocitatea undei pulsului.....	41
2.2.9. Analiza descompunerii pulsului .....	42
2.2.10. Metoda clampării de volum.....	43
2.2.11. Tonometria de aplanare arterială.....	45
<b>2.3. Măsurarea non-invazivă vs invazivă a TA</b> .....	46
<b>3. COMPARAREA METODELOR DE APRECIERE A TENSIUNII ARTERIALE</b> .....	47
<b>3.1. Caracteristica generală a lotului de studiu</b> .....	48
<b>3.2. Rezultate proprii</b> .....	49
3.2.1. Particularitățile generale ale pacienților din lotul de studiu.....	49
3.2.2. Măsurarea tensiunii arteriale .....	50
3.2.3. Evaluarea tensiunii arteriale.....	52
3.2.4. Analiza măsurărilor tensiunii arteriale.....	53
<b>CONCLUZII</b> .....	58
<b>BIBLIOGRAFIE</b> .....	59

## INTRODUCERE

Tensiunea arterială este unul dintre semnele vitale, alături de frecvența respiratorie, frecvența contracțiilor cardiace, saturația de oxigen și temperatura corporală. Presiunea arterială rezultă din presiunea exercitată de sânge în arterele mari. Valorile tensionale se consideră a fi normale la 120/80 mm a coloanei de mercur, la un adult în repaos. La nivel global, media tensiunii arteriale, standartizată după vârstă, a rămas aproximativ la aceleași valori din 1975 și până în prezent, circa 127/79 mmHg pentru bărbați și 122/77 mmHg pentru femei [1].

Tensiunea arterială depinde de debitul cardiac și de rezistența totală periferică, și variază în funcție de situație, sub influența sării psihoemoționale, activității fizice sau a tulburărilor de sănătate. În decursul fiecărei contracții cardiace tensiunea arterială variază între două valori: maximă și minimă. Tensiunea arterială sistolică reprezintă valoarea maximă și se determină în timpul contracției ventricolului stâng. Tensiunea arterială diastolică reprezintă valoarea minimă a presiunii în timpul relaxării ventricolului.

Valorile tensionale elevate determină noțiunea de hipertensiune arterială, și se consideră a fi > 140/90 mmHg, pe când valorile tensionale scăzute denotă hipotensiunea arterială < 90/60 mmHg. Ambele pot fi cauzate de un număr variat de factori. Hipotensiunea este frecvent diagnosticată doar în cazul apariției simptomelor sesizate de pacient, pe când hipertensiunea frecvent decurge asimptomatică. Cu toate acestea incidența pacienților hipertensivi este mai mare la nivel global. Hipertensiunea arterială este principalul factor de risc global pentru mortalitatea mondială (circa 13% din decese), urmată de tabagism (9%), hiperglicemie (6%), sedentarism (6%) și obezitate (5%). În combinație cu alți factori de risc, precum consumul de alcool, hipercolesterolemia și consumul scăzut de fructe și legume, sunt responsabili pentru 61% de decese de cauză cardiovasculară [2].

Măsurarea tensiunii arteriale este unul dintre elementele de bază în managementul unui pacient. Pentru corectitudinea efectuării măsurării tensiunii arteriale este importantă poziționarea corectă a pacientului și alegerea adecvată a locului amplasării manșetei precum și alegerea dimensiunilor acesteia. Se i-au în considerație și situațiile speciale în care măsurarea tensiunii arteriale necesită ajustări, precum ar fi aprecierea tensiunii arteriale la vârstnici, gravide sau pacienți obezi.

Cea mai precisă măsurare a tensiunii arteriale este obținută prin metode directe sau invazive, care implică echipamente sofisticate și scumpe, precum și canularea unei artere. Deși aceste metode sunt necesare în anumite setări, instabile sau acute, măsurătorile sfigmomanometrice sunt mult mai ușoare, mai sigure și suficient de precise pentru majoritatea situațiilor clinice. Tradițional tensiunea arterială se măsoară utilizând sfigmomanometrul cu mercur, ce poate fi utilizat în cadrul metodei palpatorii sau auscultative. Metoda auscultativă până în prezent rămâne a fi considerat standartul de aur printre

metodele de apreciere non-invazivă a valorilor tensionale. Cu toate acestea în prezent tot mai frecvent se utilizează dispozitivele semi-automate și automate, bazate pe tehnica oscilometrică, datorită inofensivității lor și simplității utilizării în condiții de ambulator. Mai mult decât atât, tot mai mult crește numărul dispozitivelor bazate pe metode indirecte de măsurare continuă a tensiunii arteriale precum ar fi metoda tonometrică și metoda clampării de volum, dar și metode de măsurare intermitentă non-invazivă, ce nu presupun utilizarea manșetelor.

**Scopul lucrării:** Studiarea și compararea metodelor de măsurare a tensiunii arteriale în condiții de staționar

**Obiective:**

1. Aprecierea valorilor tensiunii arteriale sistolice și diastolice la pacienții din staționar și lucrătorii medicali din cadrul instituției;
2. Evidențierea particularităților metodelor utilizate pentru aprecierea tensiunii arteriale;
3. Studiarea și analiza rezultatelor obținute în urma măsurărilor efectuate în scopul comparării metodelor utilizate.

## BIBLIOGRAFIE

1. NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Worldwide trends in blood pressure from 1975 to 2015: a pooled analysis of 1479 population-based measurement studies with 19·1 million participants. *The Lancet*, 2017, Vol. 389, pp. 37-55. doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31919-5
2. World Health Organization. *Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks*. Geneva, WHO, 2009, pp. 9-31. ISBN 978 92 4 156387 1
3. MAGDER S.; The meaning of blood pressure. *Crit. Care* 2018, Vol. 22 (257), 10 p. doi:10.1186/s13054-018-2171-1
4. BURTON A.C.; *The vascular bed. Physiology and biophysics of the circulation*. Chicago: Year Book Medical Publishers Inc., 1965, pp. 61–92.
5. SUNAGAWA K.; MAUGHAN W.L.; BURKHOFF D.; SAGAWA K.; Left ventricular interaction with arterial load studied in isolated canine ventricle. *Am J Phys.* 1983, Vol. 245, pp. 773-780. doi.org/10.1152/ajpheart.1983.245.5.H773
6. BURKE S.D.; JORDAN J.; HARRISON D.G.; KARUMANCHI A.; Solving Baroreceptor Mystery: Role of PIEZO Ion Channels. *JASN* May 2019, Vol. 30 (6), pp. 911-913; doi.org/10.1681/ASN.2019020160
7. PAUL M.; POYAN M.A.; KREUTZ R. (JULY 2006). Physiology of local renin–angiotensin systems. *Physiol. Rev.*, Vol. 86 (3), pp. 747–803. doi:10.1152/physrev.00036.2005
8. Wikimedia. Renin–angiotensin system. Disponibil: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/36/Renin-angiotensin-aldosterone\\_system.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/36/Renin-angiotensin-aldosterone_system.svg)
9. BARRAL J.P.; CROIBIER A.L.; *Circulatory physiology in Visceral Vascular Manipulations*, Churchill Livingstone, June 2011, p. 294. ISBN: 9780702043512
10. MCGHEE B.H.; BRIDGES E.J.; *Monitoring Arterial Blood Pressure: What You May Not Know*. *Crit Care Nurse*, Apr. 2002, Vol. 22(2), pp. 60-4, pp. 66-70, p. 73
11. WILLIAMS B.; MANCIA G.; SPIERING W.; AGABITI ROSEI E.; AZIZI M; BURNIER M.; CLEMENT D. L.; COCA A.; DE SIMONE G.; DOMINICZAK A.; KAHAN T.; MAHFOUD F.; REDON J.; RUILOPE L.; ZANCHETTI AL.; KERINS M.; KJELDSSEN S. E; KREUTZ R.; LAURENT S.; LIP G. Y. H.; MCMANUS R.; NARKIEWICZ K.; RUSCHITZKA F.; SCHMIEDER R. E.; SHLYAKHTO E.; TSIOUFIS C.; ABOYANS V.; DESORMAIS IL.; ESC SCIENTIFIC DOCUMENT GROUP; 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Society of Hypertension (ESH). *European Heart Journal*, 01 September 2018, Vol. 39, Issue 33, pp. 3021–3104. doi.org/10.1093/eurheartj/ehy339

12. Biroul national de statistică al Republicii Moldova. Mortalitatea generală după principalele clase ale cauzelor de deces în anul 2015, 12.05.2016
13. Anuarul statistic al sistemului de sănătate din Moldova, anul 2014. Incidența și prevalența generală a populației.
14. EZZATI M.; LOPEZ AL.D.; ROGERS AN.; HOORN ST. V.; MURRAY CH.J.; the Comparative Risk Assessment Collaborating Group; Selected major risk factors and global and regional burden of disease. *The Lancet*, Nov 2002, Vol. 360 (9343) pp. 1347-1360.
15. GEDDES L.A.; *The Direct and Indirect Measurement of Blood Pressure*, Chicago, IL: Year Book Medical Publishers, 1970, 196 p. ISBN 0815134002
16. BOOTH J.; A Short History of Blood Pressure Measurement. *Proc. roy. Soc. Med.*, Nov. 1977, Vol. 70 (11), pp. 793–799.
17. VON RECKLINGHAUSEN H.; Ueber blutdruckmessung Beim menschen. *Arch Exper Path u Pharmakol*, 1901, Vol. 46, pp. 78 –132.
18. O'ROURKE M.F.; From theory into practice: arterial haemodynamics in clinical hypertension. *J Hypertens*, 2002, Vol. 20, pp. 1901–1915.
19. PICKERING T.G.; HALL J.E.; APPEL L.J.; FALKNER B.E.; GRAVES J.; HILL M.H.; JONES D.W.; KURTZ T.; SHEPS S.G.; ROCCELLA E.J.; Recommendations for Blood Pressure Measurement in Humans and Experimental Animals. *Circulation*, Feb 2005, Vol. 111, pp. 697-716. doi:10.1161/01.CIR.0000154900.76284.F6
20. RUSSELL A.E.; WING L.M.; SMITH S.A.; AYLWARD P.E.; MCRITCHIE R.J.; HASSAM R.M.; WEST M.J.; CHALMERS J.P.; Optimal size of cuff bladder for indirect measurement of arterial pressure in adults. *J Hypertens*. Aug 1989, Vol. 7, pp. 607–613.
21. GRAVES J.W.; DARBY C.H.; BAILEY K.; SHEPS S.G.; The changing prevalence of arm circumferences in NHANES III and NHANES 2000 and its impact on the utility of the “standard adult” blood pressure cuff, *Blood Press Monitoring*, Dec 2003, Vol. 8 (6), pp. 223–227.
22. GRAVES J.W.; Prevalence of blood pressure cuff sizes in a referral practice of 430 consecutive adult hypertensives. *Blood Press Monitoring*, Feb 2001, Vol. 6 (1), pp. 17–20.
23. MANNING D.M.; KUCHIRKA C.; KAMINSKI J.; Miscuffing: inappropriate blood pressure cuff application. *Circulation*, Oct 1983, Vol. 68 (4), pp. 763–766. doi:10.1161/01.cir.68.4.763
24. MARKS L.A.; GROCH A.; Optimizing cuff width for noninvasive measurement of blood pressure. *Blood Press Monitoring*, Jun 2000, Vol. 5 (3), pp.153–158. doi: 10.1097/00126097-200006000-00002
25. KING G.E.; Influence of rate of cuff inflation and deflation on observed blood pressure by sphygmomanometry. *Am Heart J*, Mar 1963, Vol. 65, pp. 303–306. doi: 10.1016/0002-8703(63)90003-6



26. NETEA R.T.; LENDERS J.W.; SMITS P.; THIEN T.; Influence of body and arm position on blood pressure readings: an overview, *J Hypertens.* Jul 2003, Vol. 21, pp. 237–241. doi :10.1038/sj.jhh.1001573
27. Техносова знаем все о технике: Тонометр механический: как работает и как правильно пользоваться?. Disponibil: <https://technosova.ru/dlja-zdorovja/tonometr/tonometr-mehanicheskij/>
28. LANE D.; BEEVERS M.; BARNES N.; BOURNE J.; JOHN A.; MALINS S.; BEEVERS D.G.; Inter-arm differences in blood pressure: when are they clinically significant? *J Hypertens.* Jun 2002, Vol. 20, pp.1089 –1095. doi: 10.1097/00004872-200206000-00019
29. STEWART M.J.; GOUGH K.; PADFIELD P.L.; The accuracy of automated blood pressure measuring devices in patients with controlled atrial fibrillation. *J Hypertens.* Mar 1995, Vol. 13, pp. 297–300.
30. WAREMBOURG A.; PONCELET P.; CARRE A.; Reliability of the measurement of arterial pressure in the forearm in the obese subject. *Arch Mal Coeur Vaiss.* Aug 1987, Vol. 80, pp. 1015–1019.
31. BROWN M.A.; DAVIS G.K.; Hypertension in pregnancy. In: MANCIA G; CHALMERS J; JULIUS S; SARUTA T; WEBER MA; FERRARI AU; WILKINSON IB; ed. *Manual of Hypertension.* London: Harcourt Publishers Limited, 2002, pp. 579 –597.
32. LIU J.E.; ROMAN M.J.; PINI R.; SCHWARTZ J.E.; PICKERING T.G.; DEVEREUX R.B.; Cardiac and arterial target organ damage in adults with elevated ambulatory and normal office blood pressure. *Ann Intern Med.* Oct 1999, Vol. 131 (8), pp. 564–572. doi: 10.7326/0003-4819-131-8-199910190-00003
33. SEGA R.; TROCINO G.; LANZAROTTI A.; CARUGO S.; CESANA G.; SCHIAVINA R.; VALAGUSSA F.; BOMBELLI M.; GIANNATTASIO C.; ZANCHETTI A.; MANCIA G.; Alterations of cardiac structure in patients with isolated office; ambulatory; or home hypertension: data from the general population (Pressione Arteriose Monitorate E Loro Associazioni [PAMELA] Study). *Circulation.* 2001, Vol. 104, pp. 1385–1392.
34. MALLION J.M.; DE GAUDEMARIS R.; SICHÉ J.P.; MAITRE A.; PITIOT M.; Day and night blood pressure values in normotensive and essential hypertensive subjects assessed by twenty-four-hour ambulatory monitoring. *J Hypertens Suppl.;* Dec 1990, Vol. 8 (6), pp. 49-55.
35. HÄNNINEN MR.; NIIRANEN TJ.; PUUKKA PJ.; KESÄNIEMI YA.; KÄHÖNEN M.; JULA AM.; Target organ damage and masked hypertension in the general population: the Finn-Home study. *J Hypertens.* 2013 Jun, Vol 3 (16), pp. 1136-1143.
36. WARD M.; LANGTON J.A; Blood pressure measurement; *Continuing Education in Anaesthesia Critical Care & Pain.* Aug 2007, Vol. 7 (4), pp. 122–126. doi.org/10.1093/bjaceaccp/mkm022

37. SPELDE A.; MONAHAN C.; Anesthesiology Core Review: Part Two Advanced Exam. Invasive Arterial Blood Pressure Monitoring. McGraw-Hill Education, 2016. Part I. Ch 1. pp. 1-5.
38. LANGTON J.A.; STOKER M.; Principles of pressure transducers; resonance, damping & frequency response. *Anaesth Intensive Care Med*, 2001, Vol. 2, pp. 186-90
39. AVOLIO AL.; BUTLIN M.; Arterial blood pressure measurement and pulse wave analysis—Their role in enhancing cardiovascular assessment. *Physiological Measurement*, Jan 2010, Vol. 31 (1), pp. 1-47. doi: 10.1088/0967-3334/31/1/R01
40. BREIT S.N.; O'ROURKE M.F.; Comparison of direct and indirect arterial pressure measurements in hospitalized patients. *Aust N Z J Med*. Oct 1974, Vol. 4, pp. 485– 491. doi: 10.1111/j.1445-5994.1974.tb03222.x
41. O'BRIEN E.; ASMAR R.; BEILIN L.; IMAI Y.; MALLION J.M.; MANCIA G.; MENGDEN T.; MYERS M.; PADFIELD P.; PALATINI P.; PARATI G.; PICKERING T.; REDON J.; STAESSEN J.; STERGIOU G.; VERDECCHIA P.; EUROPEAN SOCIETY OF HYPERTENSION WORKING GROUP ON BLOOD PRESSURE MONITORING; European Society of Hypertension recommendations for conventional; ambulatory and home blood pressure measurement. *J Hypertens*. May 2003, Vol. 21, pp. 821– 848. doi: 10.1097/00004872-200305000-00001
42. OGEDEGBE G.; PICKERING T.; Principles and techniques of blood pressure measurement. *Cardiol Clin*. Nov 2010, Vol. 28 (4), pp. 571-586. doi: 10.1016/j.ccl.2010.07.006.
43. MION D.; PIERIN A.M; How accurate are sphygmomanometers? *J Hum Hypertens*. Apr 1998, Vol. 12 (4), pp. 245–248. doi: 10.1038/sj.jhh.1000589
44. WARE R.W.; LAENGER C.J.; Indirect blood pressure measurement by Doppler ultrasonic kinetoarteriography. *Proc 20th Annual Conference Engineering Medical Biology*. 1967, Vol. 9, pp. 27–30.
45. MAUCK G.W.; SMITH C.R.; GEDDES L.A.; BOURLAND J.D.; The meaning of the point of maximum oscillations in cuff pressure in the indirect measurement of blood pressure—part II. *J Biomech Eng*. 1980, Vol. 102, pp. 28 –33
46. VAN MONTFRANS G.A.; Oscillometric blood pressure measurement: progress and problems. *Blood Press Monit*. Dec 2001, Vol. 6 (6), pp. 287–290. doi: 10.1097/00126097-200112000-00004
47. WAX D.B.; LIN H.M.; LEIBOWITZ A.B.; Invasive and concomitant noninvasive intraoperative blood pressure monitoring: observed differences in measurements and associated therapeutic interventions. *Anesthesiology* 2011, Vol. 115, pp. 973–978. doi:10.1097/ALN.0b013e3182330286
48. ResearchGate: Kaufmann S. A system for In-Ear-Pulse wave measurements. January 2014. Dispoibil: [https://www.researchgate.net/publication/281439102\\_A\\_System\\_for\\_In-Ear\\_Pulse\\_Wave\\_Measurements/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/281439102_A_System_for_In-Ear_Pulse_Wave_Measurements/figures?lo=1)

49. MCCARTHY B.M.; O'FLYNN B.; MATHEWSON A. An Investigation of Pulse Transit Time as a Non-Invasive Blood Pressure Measurement Method; *Journal of Physics Conference Series* 307, 2011. DOI: 10.1088/1742-6596/307/1/012060
50. SOLÀ J.; Continuous non-invasive blood pressure estimation. *ETH*; 2011, pp. 5-102.
51. BARUCH M.C.;WARBURTON D.E.; BREDIN S.S.; COTE A.; GERDT D.W.; ADKINS C.M.; Pulse Decomposition Analysis of the digital arterial pulse during hemorrhage simulation; *Nonlinear Biomed Phys.* Jan 2011, Vol. 5 (1), p. 1. doi: 10.1186/1753-4631-5-1.
52. PARATI G.; CASADEI R.; GROPELLI A.; DI RIENZO M.; MANCIA G.; Comparison of finger and intra-arterial blood pressure monitoring at rest and during laboratory testing. *Hypertension.* 1989, Vol. 13 (6 Pt 1), pp. 647– 655.
53. DRZEWIECKI G.M.; MELBIN J.; NOORDERGRAAF A.; Arterial tonometry: review and analysis. *J Biomech.* 1983, Vol. 16, pp. 141–152.
54. NELSON; M.R.; STEPANEK; J.; CEVETTE; M.; COVALCIUC; M.; HURST; R. T.; & TAJIK; A. J. (2010). Noninvasive measurement of central vascular pressures with arterial tonometry: clinical revival of the pulse pressure waveform?. *Mayo Clinic Proceedings.* 2010, Vol. 85 (5), pp. 460–472. doi:10.4065/mcp.2009.0336
55. SMULYAN H.; SIDDIQUI D.S.; CARLSON R.J.; LONDON G.M.; SAFAR M.E.; Clinical utility of aortic pulses and pressures calculated from applanated radialartery pulses. *Hypertension.* 2003, Vol. 42, pp. 150 –155.
56. BRIDGES E.J.; MIDDLETON R.; Direct arterial vs oscillometric monitoring of blood pressure: stop comparing and pick one (a decision-making algorithm). *Crit Care Nurse.* June 1997, Vol. 17, pp. 58–66, pp. 68–72.
57. ARAGHI A.; BANDER J.J.; GUZMAN J.A.; Arterial blood pressure monitoring in overweight critically ill patients: invasive or noninvasive? *Crit. Care* 2006, Vol. 10(2), p. 64. doi:10.1186/cc4411