

# Kontinuerlig perioperativ blodtryksmåling

Kirstine Toft Conradsen<sup>1</sup>, Niels Peter Ekeløf<sup>2</sup>, Nikolai Hoffmann-Petersen<sup>3</sup> & Sarah Ekeløf<sup>4</sup>

## STATUSARTIKEL

- 1) Anæstesiologisk Afdeling, Regionshospitalet Herning
- 2) Anæstesiologisk Afdeling, Regionshospitalet Holstebro
- 3) Medicinsk Afdeling, Regionshospitalet Holstebro
- 4) Kardiologisk, Nefrologisk og Endokrinologisk Afdeling, Nordsjællands Hospital

Ugeskr Læger  
2018;180:V01180007

Hypotension ses ofte under anæstesi og operation og kan medføre organiskæmi. I en registerbaseret undersøgelse af over 57.000 kirurgiske patienter blev der fundet, at peroperativt middelarterieblodtryk (MAP) under 65 mmHg i over 13 min var associeret med såvel myokardieskade som akut nyresvigt [1]. I et andet registerbaseret studie med 18.756 patienter blev der fundet en sammenhæng mellem enten systolisk blodtryk (BT) under 70 mmHg eller MAP under 50 mmHg i over 5 min og en forøget 30-dages postoperativ mortalitet [2]. I en klinisk undersøgelse med 292 højrisikopatienter, som var randomiseret til enten standardiseret eller individuel BT-strategi under operationen, fandtes individuelt baseret BT-strategi at være forbundet med reduceret risiko for postoperativt organsvigt [3]. Tæt monitorering af BT peroperativt mhp. tidlig indgriben ved hypotensive episoder ser derfor ud til at have en betydning for patientens prognose.

Traditionelt måles BT under operation hvert femte minut med en brakial, *cuff*-baseret noninvasiv metode (NIBP), men ved større og længerevarende operationer måles BT ofte invasivt; typisk i a. radialis [4]. Ved standardmonitorering med NIBP er der risiko for at overse hypotensive episoder mellem måleintervallerne, og ved invasiv kontinuerlig monitorering med arteriekanyler udsættes patienten for de risici, en invasiv metode frembyder: infektionsrisiko, karskade og smertefuld anlæggelse [5, 6]. Inden for såvel monitorering som diagnostik udvikles noninvasive metoder, idet disse teoretisk er forbundet med færre komplikationer og bedre patientkomfort.

Formålet med denne artikel er at beskrive metoder til peroperativ BT-måling, diskutere fordele og ulemper ved de forskellige metoder samt den kliniske anvendelighed af kontinuerlig NIBP-måling.

## INTERMITTERENDE NONINVASIV BLODTRYKSMÅLING

Standarden for måling af NIBP er den auskultatoriske BT-måling med brug af kviksløvsmanometer [7], dog foretages BT-måling i de fleste sammenhænge med brug af automatiseret oscillometrisk måling. Metoden er enkel, nem at udføre og påfører ikke patienten ubehag.

Oscillometri måler ændringerne, der opstår i manchettrykket, når blodgennemstrømningen starter under deflationen. MAP defineres som det punkt, hvor amplituden af trykændringerne i manchetten er maksimal; hver enkelt producent bruger deres egne algoritmer til at bestemme det systoliske og diastoliske BT. Dermed kan det systoliske BT underestimeres, og det diastoliske BT overestimeres [5, 8]. Metoden er afhængig af, at størrelsen på manchetten passer til patienten, og har begrænsninger ved meget adipøse patienter og patienter med arteriosklerose [5].

## KONTINUERLIG INVASIV BLODTRYKSMÅLING

Måling af invasivt arterielt blodtryk (IAP) giver både en øjeblikkelig slag til slag-monitorering og muligheden for analyse af arterielt blod. IAP måler trykændringer ved brug af *strain gauge*, en elektromekanisk sensor, der omsætter et mekanisk stimulus til elektrisk måling. Ved IAP måles systolisk og diastolisk BT, hvorimod MAP estimeres, specielt angivelsen af systolisk BT afhænger af systemets dæmpning og egenfrekvens [7].

Måling af IAP kan medføre sjældne komplikationer i form af infektioner, nerveskade, pseudoaneurismer, hæmatom samt iskæmi, og anlæggelsen af kateteret er forbundet med smerter [5, 6]. I et retrospektivt studie fra 2016 blev der gennemgået 57.787 patienter med i alt 62.626 anlagte arteriekanyler. Der var blevet registreret 21 episoder med skade på kar eller nerver, svarende til en komplikationsrisiko på 3,4 pr. 10.000 [9].

## KONTINUERLIG NONINVASIV BLODTRYKSMÅLING

Der findes tre metoder til måling af kontinuerlig NIBP: tonometri, *volume clamp* og *pulse decomposition analysis* [5, 10].

Ved tonometri placeres en tryksensor direkte over en arterie. Tryksensoren komprimerer arterien og måler den arterielle vægspænding. En algoritme kan herefter rekonstruere en BT-pulstrykcurve [5].

*Volume clamp* fungerer ved at forbinde en finger-*cuff* med en fotopletysmograf. Ved at ændre trykket i finger-*cuff*en holdes den fotopletysmografiske absor-

## HOVEDBUDSKABER

- ▶ Hypotension under operationer forekommer hyppigt og er associeret med øget risiko for 30-dagesmortalitet og organiskæmi.
- ▶ Kontinuerlig noninvasiv blodtryksmåling giver en pålidelig måling af blodtrykket hos den hæmodynamisk stabile patient ved elektiv kirurgi.
- ▶ Kontinuerlig noninvasiv blodtryksmåling er ikke intermitterende noninvasiv blodtryksmåling underlegen.
- ▶ Kontinuerlig noninvasiv blodtryksmåling kan ikke erstatte invasiv blodtryksmåling under operation og anæstesi.

bans konstant, hvorved fingerens blodvolumen holdes konstant. Dermed øges trykket i finger-cuff'en under systolen og mindses under diastolen. Denne trykændring omregnes ved en algoritme til en pulstrykkrurve. Denne kalibreres hos nogle producenter mod et oscillografisk BT [5, 10].

Ved *pulse decomposition analysis* måles BT ved at bruge en lavtryks-cuff påsat den første finger. Den arterielle pulsation kobles via en trykledning til en piezoelektrisk tryksensor. Denne sensor konverterer pulsationerne til en pulstrykkrurve [10].

Metoderne har som måling af IAP flere fordele såsom realtids-slag til slag-monitorering og hurtig detektering af hypotension [11], herudover er der intet patientubehag, og metoderne er noninvasive [5, 12].

Begrænsningerne for alle tre typer er, at de kræver god perifer perfusion og blodgennemstrømning. *Volume clamp* er også begrænset af ekstrem vasokonstriktion og temperaturændringer. *Pulse decomposition analysis* begrænses af, at ekstremiteten skal holdes stille under målingerne [5, 10]. Herudover skal monitorerne kalibreres ved ændring i vasomotorisk tonus [12].

## VALIDERING

Der er endnu ikke udviklet retningslinjer til validering af kontinuerlig måling af NIBP, hvorfor de kriterier, som Association for the Advancement of Medical Instrumentation (AAMI) har udviklet til validering af automatiseret oscillografisk BT-måling, anvendes. AAMI definerer en acceptabel afvigelse på  $\pm 5$  mmHg og en standardafvigelse (SD) på  $\pm 8$  mmHg [13]. Hvis IAP anvendes som referencemethode, vil det medføre en systematisk afvigelse af ukendt størrelse, idet IAP traditionelt måles i a. radialis, hvorimod NIBP og kontinuerlig NIBP refererer til trykket i a. brachialis [13, 14]. En arteriekanyle i a. brachialis mhp. valideringsstudier er hverken praktisk muligt eller etisk forsvarligt.

## SAMMENLIGNING AF NONINVASIV OG INVASIV KONTINUERLIG MÅLING

I en metaanalyse fra 2014 med 28 studier [15] fandt man, at kontinuerlig NIBP-måling generelt opfylder AAMI's kriterier for nøjagtighed, men ikke for præcision [15]. Overordnet var der en afvigelse på 3,2 mmHg og en SD på  $\pm 8,4$  mmHg ved MAP. I metaanalysen indgik der mange små studier med forskelligt patientgrundlag, forskellige monitorer samt forskellige valideringsmetoder, og studierne var foretaget over en årrække på 28 år, hvorfor den eksterne validitet er ringe.

Kun tre studier [11, 12, 16], hvoraf to [11, 12] indgik i metaanalysen, opfylder tilnærmelsesvis anbefalingerne fra AAMI om at inkludere min. 85 patienter. I alle tre studier blev der anvendt *volume clamp*-metoden.



Kontinuerlig noninvasiv blodtryksmonitor.

*Ilies et al* [12] undersøgte continuous non-invasive arterial pressure (CNAP) hos 85 patienter, der gennemgik hhv. større elektiv abdominal- (50), kar- (23) og thoraxkirurgi (12). Patienterne var i American Society of Anesthesiologists (ASA)-gruppe 1-4 og alle hæmodynamisk stabile inden operationen. CNAP målt ved MAP havde en afvigelse på  $-4,3$  mmHg under vedligehold af anæstesi, men en SD på  $\pm 10,4$  mmHg. Ved hypotensive episoder var afvigelsen  $-6,8$  mmHg og SD  $\pm 7,6$  mmHg, og under induktionen var afvigelsen  $-12,8$  mmHg og SD  $\pm 11,6$  mmHg [12].

*Jeleazcov et al* [11] undersøgte 78 patienter til hhv. elektiv abdominal- (36), hjerte- (21) og neurokirurgi (21). Patienterne var i ASA-gruppe 1-2 og hæmodynamisk stabile. CNAP målt ved MAP havde en afvigelse på  $-1,6$  mmHg og en SD på  $\pm 3,2$  mmHg. Der blev ikke angivet data for induktionen samt ved hypotension [11].

*Vos et al* [17] validerer Nexfin hos 112 hæmodynamisk stabile patienter i ASA-gruppe 1-4 under elektiv abdominal- og neurokirurgi samt onkologisk og vaskulær kirurgi i 30 min pr. patient. Nexfin havde en afvigelse på 2 mmHg og en SD på  $\pm 9$  mmHg [17].

## SAMMENLIGNING AF INTERMITTERENDE OG KONTINUERLIG NONINVASIV MÅLING

Der foreligger kun to studier [16, 17], hvor kontinuerlig NIBP-måling sammenlignes direkte med NIBP-måling. I det ene undersøges patienter under operation med NIBP [18], i det andet undersøges patienter i akutmodtagelsen [16].

*Juri et al* [18] validerer ClearSight hos 40 patienter, der var i ASA-gruppe 1-2 og fik foretaget elektiv total knælalloplastik i generel anæstesi. Ved MAP havde ClearSight en afvigelse på  $-1,1$  mmHg og en SD på  $\pm 8,1$  mmHg, men under induktionen var afvigelsen:  $-8,7$  mmHg og SD  $\pm 14,4$  mmHg, og ved anæstesiafslutningen var afvigelsen  $-9,9$  mmHg og SD  $\pm 9,4$  mmHg. Samtidig var der færre hypotensive episoder under operationen med ClearSight end med NIBP-måling ( $p < 0,001$ ) [18].

*Wagner et al* [16] randomiserede 130 patienter fra

akutmodtagelsen med behov for kardiovaskulær monitorering til måling vha. hhv. CNAP og NIBP. Der var ikke god overensstemmelse mellem metoderne med en afvigelse på -6 mmHg og en SD på  $\pm$  16 mmHg målt på MAP. CNAP opfangede klinisk betydende hypotensive episoder hos i alt 46 patienter i intervallet mellem målingerne fra NIBP, der blev foretaget hvert 15. min; 17 af disse blev påvist ved NIBP-måling [16].

I det tidligere nævnte studie af Vos *et al* [17] undersøgte samtidigt kontinuerlig NIBP-måling og NIBP-måling valideret mod IAP-måling. Kontinuerlig NIBP-måling var ikke NIBP-måling underlegen.

## DISKUSSION

De tre metoder måler BT ud fra forskellige betingelser: NIBP måler MAP brakialt og estimerer det systoliske og diastoliske BT, med kontinuerlig NIBP-måling estimeres det brakiale BT ud fra perifere trykændringer, og IAP måler det systoliske og diastoliske BT og estimerer MAP perifert i a. radialis [5, 8]. Dette giver to konfoundere, der må give en systematisk afvigelse: 1) Der er forskel på, hvilke BT der måles, og hvilke der estimeres. 2) Der er forskel på pulstrykket, alt efter hvor det måles i arterietræet. Denne afvigelse vil formentlig kunne forklare, hvorfor det ofte er på SD, at kontinuerlig NIBP-måling afviger mere, end kriterierne tillader [12].

Grundet manglen på kriterier udviklet til validering af kontinuerlig NIBP-måling er det svært at vurdere de resultater, der foreligger på området. I mangel på bedre bruges kriterierne udviklet af AAMI [13].

Nye metoder til per- og postoperativ BT-måling må i anæstesiologien nødvendigvis valideres mod invasiv BT-måling, da denne metode er den eneste, der giver et realtidsbillede af de hæmodynamiske ændringer i hele anæstesi- og operationsforløbet. Det ville være ønskeligt, at der til validering af BT-måling under anæstesi blev udviklet kriterier, der tog udgangspunkt i de fysiologiske iboende forskelle, som metoderne indebærer. Det er tankevækkende, at den formentlig mest anvendte målemetode, intermitterende NIBP, som megen daglig praksis bygger på, korrelerer så ringe med IAP [19].

Kontinuerlig NIBP-måling synes at være tilfredsstillende nøjagtig under vedligehold af anæstesi ved den hæmodynamisk stabile patient sammenlignet med IAP-måling [11, 12, 15]. Et problem, der ses ved sammenligning med både IAP- [12] og NIBP-måling [18], er, at nøjagtigheden svinder ved ændring i den vasomotoriske tonus som under induktionen eller ved hypotension [12, 18]. Ved hypotension underestimeres BT-faldets størrelse ved kontinuerlig NIBP-måling, hvilket bør tages med i overvejelserne, hvis der ønskes at intervenere ved dette [12].

Før det kan vurderes, om kontinuerlig NIBP-måling

kan bruges i klinikken, er det vigtigt at afgrænse, til hvilken patientgruppe og i hvilke kliniske scenarier det skal bruges i [19]. Resultater af studier tyder på, at kontinuerlig NIBP har en plads ved hæmodynamisk stabile patienter, ved elektive operationer, hvor der ønskes kontinuerlig monitorering under vedligehold af anæstesi, og hvor fordelene ved IAP-måling som bl.a. blodgasanalyser ikke er nødvendige.

## KONKLUSION

Kontinuerlig NIBP-måling kan ikke erstatte IAP-måling, men kan med forbehold anvendes hos den hæmodynamisk stabile patient ved elektiv kirurgi, hvor der ønskes kontinuerlig monitorering under vedligehold af anæstesi, og hvor det operative indgrebs omfang og længde ikke retfærdiggør en mere invasiv strategi. Kontinuerlig NIBP-måling er ligeværdig med NIBP-måling med iboende fordel af kontinuerlig måling af BT.

Potentialet af både de kendte og nytilkomne metoder er lovende, men prospektive kliniske studier med relevante endepunkter må afgøre deres fremadrettede anvendelsesmuligheder.

## SUMMARY

Kirstine Toft Conradsen, Niels Peter Ekeløf, Nikolai Hoffmann-Petersen & Sarah Ekeløf:

Intra-operative continuous non-invasive blood pressure monitoring.

Ugeskr Læger 2018;180:V01180007

Intra-operative hypotension is associated with increased risk of 30-day mortality and organ ischaemia. Thus, a reliable monitoring of blood pressure is desirable. New clinical studies indicate, that monitoring of middle arterial pressure with continuous non-invasive monitoring during stable haemodynamic conditioning provides accurate changes in blood pressure. The potential of continuous non-invasive monitoring is promising, but not fully developed.

**KORRESPONDANCE:** *Kirstine Toft Conradsen.*

E-mail: kirstineconradsen@hotmail.com

**ANTAGET:** 4. juli 2018

**PUBLICERET PÅ UGESKRIFTET.DK:** 24. september 2018

**INTERESSEKONFLIKTER:** ingen. Forfatterens ICMJE-formularer er tilgængelige sammen med artiklen på Ugeskriftet.dk

## LITTERATUR

1. Salmasi V, Maheshwari K, Yang D *et al*. Relationship between intraoperative hypotension, defined by either reduction from baseline or absolute thresholds, and acute kidney and myocardial injury after noncardiac surgery. *Anesthesiology* 2017;126:47-65.
2. Monk T, Bronsert MR, Henderson WG *et al*. Association between intraoperative hypotension and hypertension and 30-day postoperative mortality in noncardiac surgery. *Anesthesiology* 2015;123:307-19.
3. Futier E, Lefrant JY, Guinot PG *et al*. Effect of individualized vs standard blood pressure management strategies on postoperative organ dysfunction among high-risk patients undergoing major surgery: a randomized clinical trial. *JAMA* 2017;318:1346-57.
4. Rekommandation for anæstesi. Dansk Selskab for Anæstesiologi og Intensiv Medicin, 2017. [www.dasaim.dk/wp-content/uploads/2017/11/Rekommandation-for-an%C3%A6stesi-2017.pdf](http://www.dasaim.dk/wp-content/uploads/2017/11/Rekommandation-for-an%C3%A6stesi-2017.pdf) (10. dec 2017).
5. Bartels K, Esper SA, Thiele RH. Blood pressure monitoring for the anesthesiologist: a practical review. *Anesth Analg* 2016;122:1866-79.
6. Brzezinski M, Luisetti T, London MJ. Radial artery cannulation: a com-

- prehensive review of recent anatomic and physiologic investigations. *Anesth Analg* 2009;109:1763-81.
7. Schroeder R, Barbeito A, Bar-Yosef S et al. Cardiovascular monitoring. I: Miller RD, Cohen NH, Eriksson LI et al, red. *Miller's anesthesia*. Elsevier, 2015:1345-95.
  8. O'Brien E, Atkins N, Stergiou G et al. European Society of Hypertension International Protocol revision 2010 for the validation of blood pressure measuring devices in adults. *Blood Press Monit* 2010;15:23-38.
  9. Nuttall G, Burckhardt J, Hadley A et al. Surgical and patient risk factors for severe arterial line complications in adults. *Anesthesiology* 2016;124:590-7.
  10. Kříž J, Šeba P. Force plate monitoring of human hemodynamics. *Non-linear Biomed Phys* 2008;2:1.
  11. Jeleazcov C, Krajcinovic L, Münster T et al. Precision and accuracy of a new device (CNAPTM) for continuous non-invasive arterial pressure monitoring: assessment during general anaesthesia. *Br J Anaesth* 2010;105:264-72.
  12. Ilies C, Bauer M, Berg P et al. Investigation of the agreement of a continuous non-invasive arterial pressure device in comparison with invasive radial artery measurement. *Br J Anaesth* 2012;108:202-10.
  13. Non-invasive sphygmomanometers - Part 2: Clinical investigation of automated measurement type. ANSI/AAMI/ISO 81060-2:2013. American National Standard, 2013: 1-13.
  14. Graettinger WF, Lipson JL, Cheung DG et al. Validation of portable non-invasive blood pressure monitoring devices: comparisons with intra-arterial and sphygmomanometer Measurements. *Am Heart J* 1988;116:1155-60.
  15. Kim SH, Liot M, Sidhu KS et al. Accuracy and precision of continuous noninvasive arterial pressure monitoring compared with invasive arterial pressure. *Anesthesiology* 2014;120:1080-97.
  16. Wagner JY, Prantner JS, Meidert AS et al. Noninvasive continuous versus intermittent arterial pressure monitoring: evaluation of the vascular unloading technique (CNAP device) in the emergency department. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2014;22:8.
  17. Vos JJ, Poterman M, Mooyaart EAQ et al. Comparison of continuous non-invasive finger arterial pressure monitoring with conventional intermittent automated arm arterial pressure measurement in patients under general anaesthesia. *Br J Anaesth* 2014;113:67-74.
  18. Juri T, Suehiro K, Kimura A et al. Impact of continuous non-invasive blood pressure monitoring on hemodynamic fluctuation during general anesthesia: a randomized controlled study. *J Clin Monit Comput* 2018;10:1007.
  19. Wagner JY, Saugel B. When should we adopt continuous noninvasive hemodynamic monitoring technologies into clinical routine? *J Clin Monit Comput* 2015;29:1-3.