



UvA-DARE (Digital Academic Repository)

Continuous blood pressure monitoring

The pulse of hemodynamics

Schuurmans, J.

Publication date

2024

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Schuurmans, J. (2024). *Continuous blood pressure monitoring: The pulse of hemodynamics*. [Thesis, fully internal, Universiteit van Amsterdam].

General rights

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

CHAPTER 8

Summary - Samenvatting

English

The aim of this dissertation was to explore whether the severity of hypotension during an intensive care unit (ICU) stay and cardiac surgery could be reduced by optimizing the use of continuous blood pressure monitoring methods. Overarching objectives of this thesis were (1) to provide an overview of hypotension monitoring and management techniques employed in ICUs worldwide, (2) to summarize available literature on patient outcome potentially affected by hypotension during an ICU stay, and (3) to test whether implementation of a machine learning-derived algorithm in conjunction with a diagnostic and treatment flowchart reduces hypotension during cardiac surgery and postoperative ICU stay.

Chapters 2 and 3 present the outcomes of a global, peer-reviewed survey on hypotension involving 1,464 ICU physicians and nurses. In **chapter 2**, results from the first section of the questionnaire are reported, which explored definitions used, estimations of incidence, and the duration of patients' exposure to hypotension during their ICU stay. A total of 1,207 participants (82%) completed this segment of the questionnaire. Across all patient categories, hypotension was most frequently defined as a mean arterial pressure (MAP) below 65 mm Hg, except for neuro(trauma) patients, in which a MAP below 75 mm Hg was most commonly used. No disparities in reported definitions were noted when comparing responses from physicians and nurses. The estimated incidence of hypotension among ICU admitted patients was 55% and time spent hypotensive per day on average was estimated to be 15%. Nurses reported higher rates than physicians for both estimated incidence and time spent in hypotension (estimated mean difference of 5%, $p=.01$, and 4%, $p<.001$, respectively). **Chapter 3** outlines the findings from the second segment of the questionnaire, which was completed by 1,197 participants. This section aimed to provide insight into monitoring methods, management strategies, and perceived consequences of hypotension. A significant portion of respondents expressed the view that hypotension is often underdiagnosed (55%) and the majority believed it to be largely preventable (59%). The responsibility for monitoring changes in blood pressure typically falls on nurses, whereas physicians are in charge of hypotension treatment. Commonly reported interventions for treating hypotension included balanced crystalloids, dobutamine, norepinephrine, and the Trendelenburg position. An additional noteworthy observation was that a substantial portion of ICUs did not possess a specific hypotension treatment guideline or protocol (71%). However, the majority expressed a desire to implement one in the future (58%). Reported complications believed to be related to hypotension were acute kidney injury and myocardial injury.

Chapter 4 describes the results of a systematic review and meta-analysis on patient outcomes potentially influenced by exposure to hypotension during an ICU stay. The findings, based on 122 studies involving 176,329 patients, revealed that hypotension during ICU stays was associated with an elevated risk of mortality. The results were particularly consistent for a MAP below 60 mm Hg and a systolic blood pressure below 90 mm Hg. Moreover, the majority of the included studies reported associations

between hypotension exposure and acute kidney injury. The strength of the associations between hypotension and both outcomes increased with the severity of hypotension exposure. However, further research is needed to fully understand the causality between hypotension during an ICU stay and patient outcomes.

Chapter 5 outlines the feasibility of non-invasive finger blood pressure monitoring in the critically ill. Finger blood pressure signals were successfully obtained in 94% of 499 patients included in a prospective cohort study, and the signal quality was sufficiently stable for clinical use in 89% of cases. These findings suggest non-invasive blood pressure monitoring could be used in deteriorating patients admitted to a regular nursing ward, as a bridge to arterial catheter placement in newly admitted ICU patients, or as an alternative to invasive arterial catheters in ICU patients when frequent blood sampling is not required.

Chapters 6 and 7 report on the Hypotension Prediction 2 (HYPE-2) randomized clinical trial. This trial tested whether implementation of the Hypotension Prediction Index (HPI) software in combination with a diagnostic and treatment flowchart on top of standard care reduced the severity of perioperative hypotension (MAP below 65 mm Hg) in cardiac surgery. The HPI software sends alerts to caregivers several minutes before blood pressure drops, allowing proactive treatment. Both the depth and duration of hypotension appear to influence patient outcomes. To integrate both aspects into one summary measure, the study used the time-weighted average of hypotension as the primary outcome measure. A nurse-driven hypotension treatment protocol was developed for the study to allow nurses to initiate treatment without first consulting a physician. This protocol was developed in collaboration with ICU nurses and intensivists and was based on the findings reported in **Chapters 2 to 4**. The full study protocol can be found in **Chapter 6**. The main results of the study are described in **Chapter 7**. A total of 142 patients were randomized of whom 130 were included in the primary analysis. The median time-weighted average of hypotension was 63% lower in the HPI-guided group compared with the standard care group, a significant difference (median absolute difference -0.40 mm Hg; 95% confidence interval [CI], -0.65 to -0.27; $P < .001$). Patients in the HPI-guided group additionally spent a median of 28 minutes less in hypotension (95% CI, 17 to 44). There were no significant differences in severity of hypertension, treatment choices, fluid amounts administered, or vasopressor and inotrope use. Despite the difference in low blood pressure exposure, no difference in biomarker values for organ perfusion or injury (including acute kidney injury) were observed between the groups.

Nederlands

Het doel van dit proefschrift was om te onderzoeken of de ernst van hypotensie tijdens het verblijf op de intensive care afdeling (IC) en tijdens hartchirurgie verminderd zou kunnen worden door het gebruik van continue bloeddrukbevakingsmethoden te optimaliseren. De overkoepelende doelstellingen van dit proefschrift waren (1) het geven van een overzicht van lage bloeddruk (hypotensie) monitoring en -

behandeltechnieken die wereldwijd op IC's worden gebruikt, (2) het samenvatten van literatuur over patiëntuitkomsten die mogelijk beïnvloed worden door hypotensie tijdens een IC-verblijf en (3) testen of de implementatie van een met machinaal leren (een vorm van kunstmatige intelligentie) ontwikkeld algoritme in combinatie met een diagnostisch- en behandelingsstroomschema hypotensie vermindert tijdens hartchirurgie en postoperatief verblijf op de IC.

In **hoofdstuk 2 en 3** worden de resultaten gepresenteerd van een wereldwijd, collegiaal getoetst (peer-reviewed) onderzoek naar hypotensie waaraan 1.464 IC-artsen en -verpleegkundigen deelnamen. In **hoofdstuk 2** worden de resultaten van het eerste deel van de vragenlijst gerapporteerd, waarin de gebruikte definities voor hypotensie, de incidentie en de duur waarin patiënten worden blootgesteld aan hypotensie tijdens hun IC-verblijf werden onderzocht. In totaal vulden 1.207 deelnemers (82%) dit deel van de vragenlijst in. Bij alle patiëntencategorieën werd hypotensie het vaakst gedefinieerd als een gemiddelde arteriële druk onder de 65 mmHg, behalve bij neuro(trauma)patiënten, waar een gemiddelde arteriële druk lager dan 75 mmHg het vaakst werd gebruikt. Er werden geen verschillen in de gerapporteerde definities vastgesteld bij het vergelijken van de antwoorden van artsen en verpleegkundigen. De geschatte incidentie van hypotensie onder IC patiënten was 55% en de tijd dat patiënten gemiddeld hypotensief zijn per dag werd geschat op 15%. Verpleegkundigen rapporteerden hogere percentages dan artsen voor zowel de geschatte incidentie en de tijd doorgebracht in hypotensie (geschat gemiddeld verschil van respectievelijk 5%, $p=,01$, en 4%, $p<,001$). **Hoofdstuk 3** beschrijft de bevindingen van het tweede deel van de vragenlijst, die door 1.197 deelnemers werd ingevuld. Deze vragen hadden als doel inzicht te verkrijgen in de monitoringmethoden, de behandelstrategieën en de mogelijke gevolgen van hypotensie. Een aanzienlijk deel van de respondenten was van mening dat hypotensie vaak ondergediagnosticeerd wordt (55%), en de meerderheid geloofde dat het grotendeels te voorkomen is (59%). De verantwoordelijkheid voor het monitoren van bloeddrukveranderingen lag meestal bij verpleegkundigen, terwijl artsen verantwoordelijk waren voor de behandeling van hypotensie. De meest gerapporteerde behandelinterventies voor hypotensie waren gebalanceerde kristalloïden, dobutamine, noradrenaline en de Trendelenburg positie. Opmerkelijk genoeg bleek dat een aanzienlijk deel van de IC's niet over een specifieke hypotensierichtlijn of -protocol beschikte (71%). De meerderheid gaf echter aan er in de toekomst één te willen implementeren (58%). Gerapporteerde complicaties waarvan men dacht dat ze verband houden met hypotensie waren acute nierinsufficiëntie en myocardschade.

Hoofdstuk 4 beschrijft de resultaten van een systematische review en meta-analyse gericht op patiëntuitkomsten die mogelijk beïnvloed worden door blootstelling aan hypotensie tijdens een IC-verblijf. De bevindingen, gebaseerd op 122 studies waarbij 176.329 patiënten betrokken waren, toonden aan dat hypotensie tijdens een IC-verblijf geassocieerd was met een verhoogd sterfterisico. De resultaten waren met name consistent voor een gemiddelde arteriële druk lager dan 60 mmHg en een systolische bloeddruk lager dan 90 mmHg. Tevens rapporteerden de meeste studies associaties

tussen blootstelling aan hypotensie en acute nierinsufficiëntie. De sterkte van de associaties tussen hypotensie en beide uitkomsten nam toe met de ernst van de hypotensie. Verder onderzoek is echter nodig om de causaliteit tussen hypotensie tijdens een IC-verblijf en patiëntuitkomsten volledig te begrijpen.

Hoofdstuk 5 beschrijft de toepasbaarheid van niet-invasieve vingerbloeddrukmonitors bij ernstig zieken. In een prospectief verzameld cohort van 499 IC patiënten, werd in 94% van de patiënten een vingerbloeddruk signaal verkregen. De signaalkwaliteit was voldoende stabiel voor klinisch gebruik in 89% van de gevallen. Deze bevindingen suggereren dat niet-invasieve bloeddrukmonitoring kan worden gebruikt bij verslechterende patiënten die zijn opgenomen op een reguliere verpleegafdeling, als overbrugging naar het plaatsen van een arteriële katheter bij nieuw opgenomen IC-patiënten, of als alternatief voor invasieve arteriële katheters bij IC-patiënten wanneer frequente bloedafname niet nodig is.

Hoofdstukken 6 en 7 doen verslag van de gerandomiseerde Hypotension Prediction 2 (HYPE-2) studie. Hierin werd getoetst of implementatie van de Hypotension Prediction Index (HPI) software in combinatie met een diagnostisch en behandelstroomschema bovenop de standaardzorg de ernst van perioperatieve hypotensie (gemiddelde arteriële druk onder de 65 mmHg) vermindert bij hartchirurgie. De HPI software stuurt waarschuwingen naar zorgverleners enkele minuten voordat de bloeddruk daalt, waardoor proactieve handelen mogelijk is. Zowel de diepte als de duur van hypotensie lijken patiëntuitkomsten te beïnvloeden. Om beide aspecten in één samenvattende maat te integreren maakte de studie gebruik van het tijd-gewogen gemiddelde van hypotensie als primaire uitkomstmaat. Voor de studie werd een verpleegkundig gestuurd hypotensie behandelingsprotocol ontwikkeld, om verpleegkundigen in staat te stellen behandeling te starten zonder eerst een arts te raadplegen. Dit protocol werd ontwikkeld in samenwerking met IC-verpleegkundige en intensivisten en was gebaseerd op de bevindingen gerapporteerd in **hoofdstuk 2 tot 4**. Het volledige studieprotocol is vinden in **hoofdstuk 6**. De belangrijkste resultaten van de studie staan beschreven in **hoofdstuk 7**. In totaal werden 142 patiënten gerandomiseerd waarvan er 130 werden meegenomen in de primaire analyse. Het mediaan tijd-gewogen gemiddelde van hypotensie was 63% lager in de HPI-gestuurde groep vergeleken met de standaardzorggroep, een significant verschil (mediaan absolute verschil -0,40 mmHg; 95% betrouwbaarheidsinterval [CI], -0,65 tot -0,27; $P < ,001$). Patiënten in de HPI-gestuurde groep verbleven daarnaast mediaan 28 minuten minder in hypotensie (95% CI, 17 tot 44). Er waren geen significante verschillen in de ernst van de hypertensie, manier van behandelen, toegediende vochthoeveelheden of in vasopressor- en inotropiegebruik tussen beide groepen. Ondanks het verschil in blootstelling aan lage bloeddruk werd er geen verschil in biomarkerwaarden voor orgaanperfusie of -letsel (inclusief acute nierinsufficiëntie) tussen de groepen waargenomen.

Sonderbar dass man sterben kann wann man liebst

Strange—that one can die—when one loves

“Joan” in the novel *Arch of Triumph: A Novel of a Man Without a Country* by Erich Maria Remarque