Kontinuierliche nicht-invasive Blutdruckmessung mittels Pulswellen- Transit-Zeit bei Kindern und Jugendlichen

[Kinder- und Jugendklinik
des Universitätsklinikums Erlangen]

Der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

zur
Erlangung des Doktorgrades Dr. med.

vorgelegt von
Elena Zagrada

**Als Dissertation genehmigt von der
Medizinischen Fakultät der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg**

Vorsitzender des Promotionsorgans: Prof. Dr. Markus F. Neurath

Gutachter: Prof. Dr. Wolfgang Rascher

Gutachter: PD Dr. Ines Marek

Tag der mündlichen Prüfung: 21. Januar 2020

Inhaltsverzeichnis

Abstract	1
Einordnung in den fachwissenschaftlichen Kontext.....	2
Hintergrund und Ziele.....	2
Methoden (Patienten, Material und Untersuchungsmethoden)	4
Ergebnisse und Beobachtungen	10
Schlussfolgerungen.....	11
Originalpublikation	14
Danksagung	15

Abstract

Background As an alternative to the conventional pediatric 24h-sphygmomanometers the continuous, non-invasive blood pressure measurement by pulse transit time can be used. The aim of this study was to compare this new method with oscillometric as well as intra-arterial measuring methods. In addition, different techniques for blood pressure measurement were compared for the necessary calibration value.

Methods For the time being, the acute blood pressure of 144 pediatric patients ($9,4 \pm 5,2$ years) with various basic illnesses was measured by using three different measurement methods. Subsequently, in 57 patients ($11,4 \pm 4,9$ years) of the pediatric normal ward the blood pressure was registered simultaneously by means of pulse transit time vs. cuff-based and in 9 patients ($9,8 \pm 6,8$ years) of the pediatric intensive care unit by means of pulse transit time vs. intra-arterial continuously and synchronously in the long-term. The results of all measurements were evaluated and compared with one and other.

Results The evaluations of the acute measurements consistently showed significant differences among the measuring methods, despite hardly relevant differences of the absolute measured values. The results of the long-term measurements showed good to very good correlation coefficients according to Spearman. There were no significant differences between the oscillometric method and the pulse transit time method, except for the evaluation of systolic, diastolic and MAD nighttime mean values and MAD total mean values.

Conclusion Continuous, indirect blood pressure recording using pulse transit time provides largely analogue values over a period of up to 24 hours compared to established long-term pediatric measurement methods. However, there are daily changes in reliability. For calibration, the conventional pediatric acute-care devices may be used.

Einordnung in den fachwissenschaftlichen Kontext

Hintergrund und Ziele

Blutdruckmesstechniken bei Kindern: Noch immer wird die auskultatorische Methode nach Riva Rocci und Korotkow als Goldstandard der indirekten Blutdruckmessung angesehen [8,11]. Allerdings gehört in den Kinder- und Jugendkliniken die oszillometrische Blutdruckregistrierung mittlerweile zur alltäglichen Routine, da sie eine einfachere Handhabung bedeutet, weniger untersucherabhängig ist und gute Referenzwerte bietet [14]. Allgemein scheinen die Manschetten-basierenden Messmethoden Kinder zu beunruhigen, weshalb der ermittelte Blutdruck oft nicht repräsentativ für den normalen physiologischen Gesundheitszustands des Kindes ist. Eine andere Methode, die diese Verfälschungen des Blutdrucks umgehen könnte und für die Pädiatrie noch relativ unbekannt ist, misst den Blutdruck mittels Puls-Transit-Zeit (PTZ) anhand von registrierten Daten aus EKG-Elektroden und Pulsoxymeter [2,3,19].

Unterschiede der verschiedenen Methoden: Die großen Unterschiede der oben genannten Messmethoden sind vor allem in der Anwendungstechnik, der Aussage über den Blutdruck und der Fehlerquellen zu finden. Bei der auskultatorischen Methode wird eine Manschette um den Oberarm angelegt. Mithilfe eines Stethoskops und Manometers kann der systolische und diastolische Blutdruckwert möglichst exakt und zuverlässig bestimmt werden. Kritisiert wird an dieser Technik oft die Untersucherabhängigkeit bzw. die notwendige klinische Erfahrung des Untersuchers mit dieser Messmethode. Die oszillometrische Methode kennzeichnet sich dadurch, dass der Blutdruck mithilfe einer, bei Kindern vorzugsweise am Oberarm oder Unterschenkel angelegten Manschette den mittleren arteriellen Blutdruck misst und der systolische und diastolische Messwert einem geräteherstellereigenen Algorithmus berechnet wird [4,14]. Die jeweils systolischen und diastolischen Werte werden also, im Gegensatz zur auskultatorischen Blutdruckbestimmung, nicht selbst, sondern über eine Ableitung eines registrierten mittleren arteriellen Blutdrucks angegeben. Demzufolge ist die bedingte Aussagekraft über die Wertedifferenz zwischen Systole und Diastole eine mögliche Fehlerquelle.

Bekannte Nachteile der oszillometrischen Geräte, die auch in dieser Studie festgestellt wurden, sind falsche oder fehlende Messungen aufgrund von Muskelkontraktionen und Bewegungsartefakten. Die Blutdruckbestimmung mittels PTZ funktioniert ohne Manschette mithilfe von Zusammenführung der aufgezeichneten Daten aus EKG-Elektroden am Brustkorb und aus dem Plethysmograph am Finger. Hierbei wird die Pulswellengeschwindigkeit errechnet und nach erfolgter Kalibrierung der systolische und diastolische Blutdruckwert in mmHg angegeben [3,19]. Auch bei dieser indirekten Methode handelt es sich bei Systole und Diastole nicht um exakt ermittelte Werte, sondern um durch Rechneralgorithmen bestimmte Daten.

Vorteile der Langzeitmessung: Eine einmalige Blutdruckmessung reicht für eine umfassende Diagnostik und ein korrektes therapeutisches Vorgehen jedoch oft nicht aus. Häufig findet sich in der Praxis das Phänomen der Weißkittelhypertonie, also ein erhöhter Blutdruck in Gegenwart des medizinischen Personals während der Messung. Um aufgrund dieser erhöhten Werte nicht fälschlicherweise sofort auf Bluthochdruck zu schließen, gibt es die Möglichkeit der ambulanten 24-Stunden-Blutdruckmessung. Hierbei handelt es sich konventionell um ein Manschetten-basiertes Gerät, das tagsüber alle 15 Minuten und nachts jede halbe Stunde den derzeitigen Blutdruck registriert [1,16]. Dies hat des Weiteren zum Vorteil, dass Blutdruckschwankungen im Tagesverlauf bemerkt und bei der anschließenden Auswertung vom Arzt mit den Tagesaktivitäten verglichen werden können. Auch hilft die 24-stündige Messung bei der Unterscheidung zwischen primärer und sekundärer Hypertonie weiter, da sie die vorhandene oder nicht-vorhandene physiologische Tag-Nacht-Absenkung des Blutdrucks aufzeichnen kann. Ein weiterer Vorteil der Langzeitmessung, bei bereits gestellter Diagnose einer Hypertonie, ist die Blutdruckkontrolle nach begonnener Medikamenteneinnahme oder anderen therapeutischen Blutdruckeinstellungen.

Chancen der neuen Messtechnik: Nach wie vor sind zur 24 h – Blutdruckbestimmung bei Kindern im ambulanten und normalstationären Ambiente oszillometrische Messverfahren am meisten etabliert [1,16].

Nichtsdestotrotz ist seit geraumer Zeit eine neue Methode bekannt, die mithilfe der Bestimmung der Puls-Transit-Zeit (kurz: PTZ oder PTT für pulse-transit-time) den Blutdruck kontinuierlich ermittelt [3].

Die neue Technik scheint insbesondere für den pädiatrischen Bereich interessant zu sein, da erfahrungsgemäß Kinder durch Manschettenbasierte Blutdruckmessungen leicht erwecken. Dementsprechend ist nachts die Untersuchung von Dipping/Non-Dipping, also die tatsächlich vorhandene/nicht vorhandene Blutdrucksenkung bei Nacht im Vergleich zum Tag, oft unzureichend möglich. Diese folgenschwere Problematik könnte mit der Messmethode mittels PTZ gelöst werden, da hier für die Blutdruckaufzeichnung kein Manschettendruck angewendet wird. Darüber hinaus kann die neue Technik, wie bereits erwähnt, kontinuierlich und ohne Unterbrechung den aktuellen Blutdruck aufzeichnen. Somit könnten kurzzeitige Blutdruckspitzen, die mit der oszillometrischen Methode in der 24h-Messung gegeben falls übersehen werden, in die diagnostische Auswertung mit eingehen.

Studiendesign: Um zu überprüfen, ob die Messung des Blutdrucks mittels der PTZ an Kindern valide ist, müssen synchrone Vergleichswerte mit momentan etablierten Messmethoden ermittelt werden. Da für die PTZ-Technik zu Beginn der Langzeitmessung einmalig ein Kalibrierungswert mithilfe einer anderen Blutdruckmessmethode gefordert wird, sollten vorher die herkömmlichen Messgeräte der Kinderklinik mit dem Goldstandard der indirekten Blutdruckbestimmung nach Riva Rocci verglichen werden. Aufgrund dessen wurde diese Studie in zwei Hauptteile gegliedert.

Ziel des ersten Studienabschnitts war, die Eignung unterschiedlicher Messgeräte, durch Gegenüberstellung derer Akutmessungen, für die Ein-Punkt-Kalibrierung im klinischen Alltag und im weiteren Studienverlauf zu bewerten.

Der zweite Studienabschnitt hatte nun zum Ziel, anhand synchroner Langzeitmessungen die Vergleichbarkeit der Blutdruckwerte mittels PTZ und klinisch etablierter 24h-Messmethoden, sowohl indirekt durch Oszillometrie als auch direkt anhand intraarterieller Bestimmung, aufzuzeigen.

Methoden (Patienten, Material und Untersuchungsmethoden)

Wie oben beschrieben, wurde die Datenerhebung dieser Arbeit in zwei Abschnitte unterteilt.

Vergleich der Einzelmessungen: Der erste Teil bestehend aus den indirekten Akutblutdruckmessungen wurde an insgesamt 160 Patienten der Kinder- und Jugendklinik Erlangen im Alter von ein bis achtzehn Jahren durchgeführt. Die Blutdruckmessung war klinisch indiziert. In die endgültige Auswertung flossen allerdings 148 Patientendaten ein, da schließlich durch Fehlen einer kompletten Messmethode ein valider Vergleich nicht möglich wäre.

In diesem Studienblock wurden drei unterschiedliche Messgeräte verwendet: Manuelle Blutdruckermittlung mittels Sphygomanometrie nach Riva-Rocci und Korotkow sowie Dinamap ProCare auscultatory (GE Healthcare, Little Chalfont, Großbritannien) und Custo screen 300 (custo med GmbH, Ottobrunn) als automatische oszillometrische Messverfahren.

Für die Wahl der Manschettengröße wurden die Kinder anhand ihrer Körper- und Oberarmlänge in die Kategorien „klein“ oder „groß“ eingeteilt. Für die „klein“-Gruppe wurden Manschetten von 16-21 cm bei der Sphygomanometrietechnik, 12-19 cm bei Dinamap ProCare und 20-24 cm bei Custo screen 300 verwendet. Die Manschettenmaße der Gruppe „groß“ betrugen für die Sphygomanometrie 21-27 cm, für Dinamap ProCare 17-25 cm und für Custo screen 300 24-32 cm.

Nach Aufklärung und Einverständnis der Eltern und des Kindes wurden sechs akute Messungen bestehend aus zwei Messungen pro Methode in unterschiedlicher Reihenfolge an einem Patienten ausgeführt. Hierfür war es wichtig, dass das Kind vor Beginn der Messungen mindestens fünf Minuten in Ruhe verbracht hat und die Zeitintervalle zwischen zwei Messungen mit der identischen Methode (20-30 sec) und beim Übergang zur anderen Messmethode mit Manschettenwechsel (30-60 sec) eingehalten wurden. Die Messungen selbst dauerten 15-30 sec. Weiterhin wurde darauf geachtet, dass alle Messungen an einem Arm durchgeführt wurden, wobei die Wahl des rechten oder linken Armes oft von äußeren Umständen (z.B. Dialyseshunt, Verletzungsverbände, intravenöse Infusionen) eingeschränkt war.

Um den Blutdruck nicht fälschlicherweise zu variieren, wurde während aller sechs Messungen beachtet, dass Körperlage und Stimmungslage von der ersten bis zur letzten Messung möglichst gleich blieben, weshalb zu Beginn eine angenehme Position entweder im Liegen oder im Sitzen gefunden wurde und neutrale Gesprächsthemen (z.B. Abfragen von Name und Alter des Kindes, teilweise Grund des Krankenhausaufenthaltes) mit Kind oder Angehörigen aufgegriffen wurden. Bei Fehlmessungen, ohne oder mit ersichtlichem Grund (z.B. Armbewegung, Armmuskelanspannung, falsche Manschettenlage), wurde die Manschette abgenommen, noch einmal angelegt und die Messung wiederholt. Ergab eine wiederholte Messung wiederum ohne erkennbare Ursache keinen Wert, wurde die jeweilige Methode abgebrochen und mit der nächsten fortgefahren. Es stellte sich heraus, dass die korrekte Durchführung dieser Messreihe sich bei kleinen Kindern schwieriger gestaltete. Deshalb war hier in manchen Fällen das Ruhighalten des Arms, an dem die Manschette haftete, und/oder eine Ablenkung (häufig mit technischen Hilfsmitteln, wie Smartphone oder TV) notwendig. So konnten Bewegungen, die bei oszillometrischen Geräten (Dinamap ProCare und Custoscreen 300) zur Anzeige von Fehlercodes oder keiner Messergebnisse führten, und/oder die starke Fokussierung auf die Manschette und den Manschettenwechsel, die das Kind gelegentlich beunruhigten und die Messwerte unvergleichbar machten, verhindert werden.

Die Messergebnisse wurden direkt nach der Messung in ein standardisiertes Protokoll übertragen, das als weitere wichtige Angaben Name, Vorname, Geburtsdatum, Körpergröße, -gewicht, Manschettengröße („klein“ oder „groß“) und Grund des Krankenhausaufenthaltes enthielt. Im weiteren Verlauf sind die Protokolle anonymisiert in die Auswertung eingeflossen. Die Messreihe wurde pro Kind nur einmal durchgeführt, selbst bei mehrtägigem Krankenhausaufenthalt oder stationärer Wiederaufnahme. Ausschlusskriterien für die Teilnahme an der Messreihe waren kein Einverständnis des Kindes und/oder der Eltern, die Altersanforderung der Studie und keine Möglichkeit den Arm ruhig bzw. die emotionale Stimmungslage des Kindes durchweg stabil zu halten.

Aufteilung der Langzeitmessungsvergleiche: Der zweite Teil der Datenerhebung erfasste den unmittelbaren Vergleich von zwei Langzeitblutdruckmessmethoden.

Zum einen wurden bei Patienten auf Normalstation die nicht-invasiven Verfahren, Manschetten-basierend vs. PTZ, zeitlich simultan gegenübergestellt. Zum anderen wurden die invasive intraarterielle und die nicht-invasive PTZ Methoden bei einigen Patienten auf Intensivstation synchron bewertet. Somit ergaben sich in diesem Abschnitt zwei unterschiedliche Patientenkollektive.

Vergleich mit nicht-invasiver Langzeitmessung: Die erste Gruppe bestand aus 66 stationären Patienten der Kinder- und Jugendklinik Erlangen, von denen aufgrund fehlender Messungen in der Tages- und/oder Nachtzeit 57 Patientendaten für die Auswertung übernommen wurden. Dieses Kollektiv zeichnete sich darin aus, dass die synchrone Blutdruckaufzeichnung durch die Geräte SOMNOtouch™ NIBP (SOMNOmedics GmbH, Randersacker) mittels PTZ und Custo screen 300 (custo med GmbH, Ottobrunn) als Manschetten-basierendes Messverfahren ermittelt und miteinander verglichen wurde. Einschlusskriterien waren das Alter von ein bis achtzehn Jahren, die Einverständniserklärung von Kind und Erziehungsberechtigten, eine klinisch ohnehin sinnvolle 24h-Blutdruckkontrolle und ein stationärer Aufenthalt bis mindestens 24 Stunden nach Anbringen der Langzeitblutdruckgeräte. Nach Aufklärung und Zustimmung für die Studienteilnahme wurden beide Geräte an das Kind angebracht (Standardmäßig: Manschette linker Oberarm, Fingerklipp links), wobei hier der Patientenzustand (z.B. Dialyseshunt, intravenöse Infusionen, Schmerzen, Schwellungen) und der Patientenwunsch entscheidende Rollen spielten. Bei Manschettenanlage des Custo screen 300 wurde speziell auf Oberarmumfang/-länge geachtet. Die vier verwendeten Manschettengrößen betrugen 20-24 cm (Small), 24-32 cm (Standard), 32-40 cm (X-large), 38-50 cm (XX-large). Für das SOMNOtouch™ NIBP war, neben dem richtigen Aufkleben der EKG-Elektroden, vor allem die Größenwahl des Pulsoxymeters am Finger (beliebig, außer Daumen) sehr wichtig. Bei körperlich sehr kleinen Kindern wurde der Fingerklipp am großen Zeh befestigt. Für den besseren Halt des Fingerklipps wurde dieser zusätzlich mit Pflasterbandstreifen überklebt. Hinzukommend wurde darauf geachtet, ob die Kinder ausreichend warme Finger für die Signalregistrierung hatten. Klar oder helllackierte Gelnägel schienen für die Messung kein Störfaktor zu sein. Auch für die Befestigung der beiden Geräte am Körper oder in Körfernähe spielte vor allem die Körpergröße eine Rolle.

Üblicherweise wurde das angeschlossene oszillometrische Gerät mithilfe eines elastischen Stoffbandes gürtelförmig um den Rumpf getragen und das angeschlossene SOMNOtouch™ NIBP-Gerät wie eine Armbanduhr um das entsprechende Handgelenk (Fingerklippseitig) befestigt. Praktisch umständlich zeigte sich die Anlage bei kleinen Körpergrößen und hoher Körperaktivität, da zum einen die langen Kabel- und Schlauchanschlüsse für 24 Stunden sicher befestigt werden mussten und zum anderen die oben genannte Standardanbringung des "Custo screen 300 - Gürtels" und "SOMNOtouch™ NIBP - Armbanduhr" schlussendlich nicht möglich war. Somit musste in solchen Fällen jeweils Patientendifferenziert die Gerätebefestigung variiert werden.

Die Messung wurde nun nach Anschließen beider Geräte am Patienten begonnen, indem ein sogenannter Testdurchlauf durchgeführt wurde. D.h. es wurde eine Messung mit dem Manschettenverfahren gestartet, wobei das darauffolgend angezeigte Ergebnis als Kalibrierungswert diente, der stets zu Beginn einer Messung mit der Puls-Transit-Zeit eingegeben werden muss. Der systolische und diastolische Wert für die Kalibrierung wurde bewusst durch das angeschlossene oszillometrische Gerät ermittelt, da so eine bessere Handhabbarkeit gegeben war. Durch den ersten Messablauf und die rechtzeitige Kalibrierung konnte sichergestellt werden, dass beide Geräte richtig angeschlossen waren und für die nächsten 24 Stunden Messungen durchführen konnten. Gleichzeitig wurden möglich vorkommende Störungen kommuniziert, die beispielsweise auf eine falsche Lage oder Lockerwerden der Manschette hinwiesen und sich durch verkürzte Messintervalle zeigten. Auch auf die Ablösung einer EKG-Elektrode oder die unzureichende Haftung des Pulsoxymeters am Finger sollte explizit geachtet werden. Falls diese Art von Problemen auftrat, konnten sich die Kinder oder Eltern jederzeit an die informierte Stationspflege wenden, die die fehlerhafte Anlage korrigierte. Dieses Verständnis war für die Durchführung der Studie von sehr hoher Bedeutung, da der Blutdruck anhand der neuen, zu evaluierenden, Technik mittels PTZ nicht ermittelt werden konnte, wenn zum Beispiel sich eine EKG-Elektrode vom Oberkörper gelöst hat oder der verrutschte Fingerklipp keine Signale registriert hat. Für einen besseren Komfort und eine höhere Compliance wurde den Patienten ein wahlweiser Wechsel des Pulsoxymeters an einen anderen Finger der gleichen Hand angeboten, da sich eine erhöhte Schweißproduktion unter dem Gummimaterial des Fingerklipps herausstellte, die gleichzeitig auch eine Befestigungs- und Lageveränderung begünstigte.

Dieser Wechsel musste jedoch ohne Zeitverzögerung und im Idealfall in Anwesenheit einer Pflegefachkraft oder erwachsenem Angehörigen stattfinden, die dringend auf die erneut feste Umschließung der Fingerkuppe und Befestigung achten sollte.

Den Studienteilnehmern war es optional möglich, ein handschriftliches Aktivitätenprotokoll für den Tagesablauf zu führen, welches nach Uhrzeit gegliedert war. Patienten und Angehörige wurden im Voraus über die zeitliche Messbeendigung und Entfernung der Gerätschaften informiert, es stand Ihnen aber frei, die Langzeitmessung jederzeit eigenständig abubrechen. Nach Abschluss des Messzeitraums wurden die aufgezeichneten Blutdruckdaten jeweils in den herstellereigenen Softwares eingelesen.

Vergleich mit invasiver, direkter Blutdruckmessung: Das zweite Kollektiv des zweiten Abschnitts der Datenerhebung, welches den Vergleich zwischen invasiver intraarterieller und nicht-invasiver Blutdruckmessung mittels PTZ anstrebte, beinhaltete 9 Patienten der Intensivstation der Kinder- und Jugendklinik Erlangen.

Die Gegenüberstellung dieser zwei verschiedenen Verfahren wurde nur bei Kindern durchgeführt, die bereits durch medizinische Indikation auf ein arterielles Blutdruck-Monitoring angewiesen waren und dessen Eltern und das Kind selbst, soweit es in der Verfassung war, nach ausführlicher Aufklärung, der Anlage des SOMNOtouch™ NIBP - Gerätes schriftlich zustimmten. Wie oben bereits ausführlich genannt, war ebenfalls in dieser Patientengruppe die korrekte und feste Position der EKG-Elektroden und der passende, gut haftende Fingerklipp für die richtige Blutdruckermittlung mittels Puls-Transit-Zeit notwendig. Das SOMNOtouch™ NIBP - Gerät wurde standardmäßig um das Handgelenk (Fingerklippseitig) getragen. Bei kleinen Körpergrößen war eine Befestigung mithilfe eines elastischen Stoffgürtels um den Rumpf möglich. Es gab auch für das Patientenkollektiv der Intensivstation weitere Variationen für die Lagerung des Messgeräts, da beispielsweise umfangreiche Bauchoperationen an kleinen Patienten eine körpernahe Anbringung behinderten. Ebenso war eine explizite Absprache mit den zuständigen Intensiv-Pflegekräften für den reibungslosen Messverlauf essenziell.

Zusätzlich zu den bereits genannten praktischen Problemen des PTZ-Messgeräts, erwiesen sich speziell in diesem Patientenkollektiv die ohnehin schon eingeschränkte freie Körperoberfläche (z.B. durch intensivmedizinisches Monitoring, Verbänden) und das häufigere Abnehmen des Messgeräts (aufgrund von bestimmten indizierten Patientenuntersuchungen) als limitierende Faktoren.

Auch hier wurde die parallele Langzeitmessung bis zum nächsten Tag belassen und daraufhin in die jeweilige Software eingelesen. Die indirekte kontinuierliche Blutdruckmessung konnte zu jedem Zeitpunkt von Patienten oder Angehörigen unterbrochen werden.

Ergebnisse und Beobachtungen

Vergleich der Einzelmessungen: Für die akute Blutdruckbestimmung wies der Vergleich zwischen Sphygomanometrie und Dinamap ProCare sowie zwischen Sphygomanometrie und Custo screen 300 signifikante Unterschiede in den Messergebnissen auf. Betrachtet man jedoch die systolischen Werte der jeweiligen Kategorien, lassen sich Mittelwertdifferenzen von 1-2 mmHg erkennen, welche so für die klinische Praxis von untergeordneter Rolle und kaum relevant sind. Anders sieht es in der diastolischen Gegenüberstellung aus, in der die Mittelwerte bis zu 8 mmHg variierten. Insgesamt kann in dieser Akutmessreihe beschrieben werden, dass Custo screen 300 im Vergleich zur Druckermittlung mittels Sphygomanometer nach Riva Rocci und Korotkow höhere Blutdrücke misst und Dinamap ProCare im Vergleich zur Sphygomanometrie etwas niedrigere Blutdrücke bestimmt. Eventuell könnten die Messunterschiede aufgrund der nicht identischen Manschettenmaße, die für die jeweiligen Geräte zur Verfügung standen und verwendet wurden, erklärbar sein. Andere Fehlerquellen könnten Blutdruckvariationen innerhalb der Messreihe gewesen sein, die vor allem durch emotionale Ruhe/Unruhe bei sechsfacher Druckbestimmung entstanden.

Vergleich der Langzeitmessungen: Diese Studie weist größtenteils analoge Werte der kontinuierlichen, indirekten Blutdruckaufzeichnung mittels Puls-Transit-Zeit zu etablierten Langzeitmessmethoden im pädiatrischen Bereich über einen Zeitraum von bis zu 24 Stunden auf.

Sowohl im SOMNOtouch™ NIBP - Custo screen 300 - Vergleich (kurz: S-C-Vgl.) als auch im SOMNOtouch™ NIBP - Intraarteriell - Vergleich (kurz: S-A-Vgl.) ließen sich durchweg signifikante Korrelationen darstellen. In dieser Arbeit stellte sich heraus, dass systolisch die Korrelationskoeffizienten höher waren als diastolisch.

Interessanterweise kann beim S-C-Vgl. festgehalten werden, dass nachts die Korrelationskoeffizienten niedriger sind im Vergleich zu den jeweils dazugehörigen Tag- und Gesamtauswertungen. Woran dies liegen mag, blieb unklar.

Kalibrierung bei Verwenden der neuen Technik: Für die Studie wurde vorgesehen, die Ein-Punkt-Kalibrierung mit dem gleichen Gerät zu tätigen wie für die darauffolgende synchrone Manschetten-basierte Referenzmessung. So ergab sich von Beginn an eine bessere Vergleichbarkeit beider Messmethoden. Eine mehrfache Kalibrierung ist nicht für nötig gehalten worden. Welche Messmethode für die Kalibrierung im klinischen Alltag, also außerhalb des Studiensettings, angewendet werden soll, ist laut dieser Studienergebnisse etwas umstritten. Vorzuziehen wäre die Anwendung des indirekten Goldstandards, aber auch die herkömmlichen Kindergeeigneten Akutmessgeräte, wie in diesem Fall Dinamap ProCare, könnten zur Kalibrierung, mit in Kauf nehmender Ungenauigkeit, verwendet werden. Da Custo screen 300 als Langzeitmessgerät insbesondere diastolisch divergente Blutdrücke maß, wird ein Einsatz zur Kalibrierung nicht empfohlen.

Schlussfolgerungen

Vor- und Nachteile der neuen Technik: Einer der größten Vorteile der Blutdruckermittlung mittels PTZ ist der Verzicht einer Manschettenanlage. Diese Tatsache birgt insbesondere für den pädiatrischen Bereich ein hohes Potential, da Kinder bekanntermaßen durch das Aufpumpen der Blutdruckmanschette schnell unruhig werden und die so gemessenen Werte kaum physiologisch übertragbar sind. Vor allem aber das Wachwerden durch die Manschetten-basierte Methode zur Schlafenszeit erschwert eine zuverlässige Aussage über die Tag-Nacht-Absenkung bei Kindern und dementsprechend eine richtige Diagnosestellung. Bei der Messmethode mittels PTZ handelt es sich demnach um eine rückwirkungsfreie Messung, da das Drücken einer Manschette mit einer resultierenden vegetativen Körperantwort im Schlaf ausbleibt [2,3,19].

Ebenso vorteilhaft ist, im Gegensatz zu herkömmlichen 24h-Messgeräten, die kontinuierliche Schlag-zu-Schlag Analyse des Blutdrucks, womit die lückenlose Pulswellengeschwindigkeitsregistrierung alle Blutdruckschwankungen im Tages- und Nachtverlauf aufzeigen kann [2,19,24]. Zusätzlich praktikabel ist bei der neuen Technik die mögliche Körperlagebestimmung, weshalb orthostatisch bedingte Messfehler entdeckt und erklärt werden können [7,19]. Klarer Vorteil gegenüber der intraarteriellen Blutdruckmessung ist die ausbleibende Invasivität der PTZ-Technik.

Aber auch diese neue Methode stößt unter Umständen an ihre Grenzen. In dieser pädiatrischen Studie zeigte die feste Lage der Plethysmografiesonde am Finger eine besondere Schwierigkeit der PTZ-Validierung auf. Bei den meisten Kindern rutschte der Fingerklipp zwischenzeitlich unbemerkt ab, bei einigen fehlten deshalb auch die komplette nächtliche Blutdruckaufzeichnung, aufgrund dessen sie von der Auswertung genommen werden mussten. Dies mag wohl vor allem an der geringen Größenauswahl der Pulsoxymeter liegen. Vom Hersteller wurden zum Studienzeitpunkt nur zwei Größen geliefert, wobei der größere Fingerklipp von nahezu allen Kindern und Jugendlichen als sehr unvorteilhaft, unangenehm und unbeliebt angesehen und deshalb kaum eingesetzt wurde. Andere Studien stellten fest, dass bei Kreislaufzentralisation oder Hypotonie die Registrierung der peripheren Pulswelle durch die Fingerplethysmographie beschränkt ist [2]. Dies fiel gleichermaßen in dieser Studie bei kalten Händen/Fingern auf, weshalb vor Fingerklipp-Anlage eine Art Fingertraining (Schütteln der Hand, schnelle Beuge- und Streckbewegungen der Fingergelenke, herabhängender Arm) mit dem Studienteilnehmer durchgeführt wurde. Auch sei bei Erkrankungen mit Veränderung des QRS-Komplexes die Identifizierung der R-Zacke durch das Messgerät schwer möglich [2]. Somit stellte sich heraus, dass insbesondere für Patienten mit kardiologischen Krankheiten eine fragliche Validität der Manschettenlosen Methode besteht. Darüber hinaus wurde konstatiert, dass bei erforderlicher engmaschiger Kreislaufkontrolle die indirekte Messung mittels PTZ keinen Ersatz für die invasive intraarterielle Methode darlegt [18]. Außerdem muss bei der neuen Methode bedacht werden, dass man momentan nicht komplett auf Manschetten-basierende Methoden verzichten kann. Schließlich wird zu Beginn der Messung mittels PTZ sowohl ein systolischer als auch diastolischer Referenzwert in mmHg gefordert.

Ausblick: Insgesamt gibt es relativ kontroverse Studien über die Überprüfung der Methode mittels PTZ [2,7,19]. Vergleichbar mit diesbezüglich wenig pädiatrischen Studien, scheint abschließend aus den Ergebnissen dieser Arbeit hervorzugehen, dass die neue Technik eine ziemlich verlässliche Aussage über den zeitlichen Verlauf des Blutdruckes, insbesondere systolisch, bei Kindern treffen kann. Weitere Untersuchungen mit womöglich größerem Patientenkollektiv und optimierter Handhabbarkeit der Gerätschaften an Kindern könnten den Stellenwert der Blutdruckmessung mittels Puls-Transit-Zeit künftig aufzeigen.

Originalpublikation

Vollständige bibliographische Angaben: Zagrada E et al. Kontinuierliche nicht-invasive Blutdruckmessung mittels Pulswellen-Transit-Zeit bei Kindern und Jugendlichen. Klin Padiatr 2019; 231(02): 67-73

DOI: 10.1055/a-0747-6253

Internetlink: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/a-0747-6253>

Danksagung

An dieser Stelle gilt mein Dank einigen Personen, ohne deren vielfältig erfahrene Hilfe meine Dissertation in dieser Form wohl nicht realisiert worden wäre.

Zuerst möchte ich meinem verehrten Doktorvater, dem ehemaligen Direktor der Kinder- und Jugendklinik des Universitätsklinikums Erlangen-Nürnberg, Herrn Prof. Dr. med. Dr. h. c. Wolfgang Rascher für die Überlassung des Themas und die einwandfreie Betreuung meinen herzlichen Dank aussprechen. Seine jederzeit große Hilfsbereitschaft und tatkräftige Unterstützung schätze ich sehr an ihm.

Weiter bedanke ich mich bei Dr. Krickau für die klinische Einarbeitung in das Studiensetting. Ihm und allen Ärzten der nephrologischen Abteilung der Kinder- und Jugendklinik Erlangen danke ich für die regelmäßigen Empfehlungen der Studienteilnehmerrekrutierung und für kompetente Ratschläge.

Besonderer Dank richtet sich sowohl an Dr. Scharf für die Hilfe bei computertechnischen Fragestellungen als auch an PD Dr. Fahlbusch für die große Unterstützung und hilfreichen Tipps bei der statistischen Auswertung.

Für die Veröffentlichung der Dissertation über die Zeitschrift „Klinische Pädiatrie“ gilt mein Dank dem Georg Thieme Verlag KG.

Zum Abschluss danke ich von ganzem Herzen meinen Eltern und meiner Schwester, die mir stets zur Seite stehen, immerzu an mich glauben und von denen ich gelernt habe, dass es sich lohnt, manchmal die Zähne zusammenzubeißen, um seine Ziele zu erreichen. Deren unaufhörliche Motivation, Unterstützung und Zuneigung begleiteten mich nicht nur durch den Prozess der Dissertation, sondern durch mein ganzes Leben. Dafür und für so vieles mehr bin ich ihnen auf ewig unendlich dankbar.