

Vorbemerkung:

Die in dieser Leitlinie vorgeschlagenen diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen sind medizinisch notwendig und entsprechen dem allgemein anerkannten Stand der Wissenschaft.

Beachten Sie bitte auch die für das arbeitsmedizinische Leitlinienprinzip geltenden Besonderheiten sowie die sonstigen fachgebietsrelevanten Handlungsempfehlungen.

Blutdruckmessung in der Arbeitsphysiologie

Seibt, R. Scheuch, K.

1. Einführung

Aus arbeitsmedizinischer Sicht ist der arterielle Blutdruck (BD) eine entscheidende Beanspruchungsmeßgröße zur Beurteilung des Aktivitätszustandes des Herz-Kreislauf-Systems unter Ruhe- und Arbeitsbedingungen. Seine meßtechnisch (relativ) einfache Erfäßbarkeit ermöglicht Feld- und Laboruntersuchungen an arbeitenden Menschen, Verlaufskontrollen zur Beurteilung von Therapiemaßnahmen oder Prognoseabschätzungen. In Forschung und Praxis hat er als epidemiologischer Risikofaktor für Herz-Kreislauf-Erkrankungen in den letzten Jahren zunehmende Bedeutung erlangt, weil diese Erkrankungen auch mit erheblichen Einschränkungen für die berufliche Belastbarkeit verbunden sein können.

Das Profil der Beanspruchungsforschung hat sich durch die Entwicklung neuer nicht-invasiver (unblutiger) Methoden zur Langzeitmessung kardiovaskulärer Meßgrößen verändert. Damit erlangte der Blutdruck (BD) für die Beanspruchungsobjektivierung in der Arbeitsmedizin einen neuen Stellenwert. Neben der Messung der Herzfrequenz (HF) und dem Langzeit-EKG wird in arbeitsmedizinischen bzw. -physiologischen Untersuchungen zunehmend das 24-Stunden-Blutdruck-Monitoring (ABDM) angewandt. Damit sind neben der Beurteilung der Blutdruckvariabilität auch Aussagen zu Auswirkungen der Arbeitsbelastung auf die Freizeit und den Schlaf sowie ein Vergleich von täglicher Gesamtbeanspruchung an einem Arbeitstag und einem Nichtarbeitstag möglich.

Die diskontinuierliche Blutdruckmessung erfolgt unter Praxis- und Laborbedingungen nach wie vor am Oberarm nach der Methode von **RIVA-ROCCI**. Seit Anfang der 80er Jahre gibt es die kontinuierliche (beat-to-beat) Messung des arteriellen Fingerblutdruckes – unter stationären Bedingungen mittels **Finapres-System** und unter Alltagsbedingungen (auch über 24 Stunden) mittels **Portapres-System**. Mit dieser Blutdruckmessung nach dem Prinzip der entspannten Gefäßwand und einer physiologischen Kalibrierung nach Wesseling et al. (1986) ist es möglich, die Dynamik kurzfristiger Blutdruckveränderungen, die mit dem intraarteriellen Blutdruck ausreichend korrespondieren, mit hoher zeitlicher Auflösung zu erfassen. Beide Verfahren sind jedoch für arbeitsphysiologische Untersuchungen am Arbeitsplatz noch nicht genügend validiert.

Ziel der Blutdruckmessung in der Arbeitsmedizin:

- Objektivierung der **Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems** durch die Arbeit, wobei es aus methodischen und inhaltlichen Gründen empfehlenswert ist, stets gleichzeitig auch die HF oder Herzperiodendauer mit zu erfassen;
- Früherkennung von **individuellen Risikosituationen**, um präventive Maßnahmen i. S. einer veränderten Arbeitsorganisation und gesundheitsförderlichen Gestaltung von Arbeitsbelastungen und -bedingungen einzuleiten;
- frühzeitige Erkennung von "**Risikopersonen**", um durch rechtzeitige Einleitung prophylaktischer Behandlungen und Maßnahmen das Entstehen einer Krankheit zu verhindern;
- Diagnostik von **Kreislaufregulationsstörungen** (z.B. Hypertonie, Hypotonie) bzw. inadäquatem Verhalten von HF und BD während Arbeit, Freizeit und Schlaf.
- Vermeidung von "**Übertherapie**" bei Hypertonikern

2. Meßgrößen des Blutdruckes

Der BD [mmHg bzw. kPa] ist eine Funktion von Herzminutenvolumen (HMV [l/min]) und totalem peripherem Widerstand (TPR [$\text{dyn} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-5}$]) entsprechend der Formel: $\text{BD} = \text{HMV} \cdot \text{TRP}$.

Als Beanspruchungsmeßgrößen des BD unterscheidet man neben dem **systolischen (SBD)** und **diastolischen (DBD)** auch den **integrierten Mitteldruck** bzw. **mittleren arteriellen Druck (MAP)**, der sich nach der Formel $(\text{SBD} - \text{DBD}) / 3 + \text{DBD}$ hinreichend genau berechnen läßt. Er gibt die Größe des BD als treibende Kraft im Körperkreislauf an.

Zur Deskription der Beanspruchungsreaktionen dienen neben der Blutdruckhöhe (Niveau) vor allem die Variabilität, Reaktivität und das Erholungsverhalten des BD nach der Arbeit. Die Meßgrößen werden über definierte **Zeitabschnitte** (z.B. Arbeit, Freizeit, Schlaf), **belastungsbedingte Veränderungen** (Differenz zwischen Ruhe- und Arbeitsphasen) oder **Tätigkeitsmerkmale** (z.B. Art der Tätigkeit) in Form von statistischen Mittelwert- oder / und Varianzmaßen bestimmt.

Häufig verwendete Kennwerte sind:

- **Niveauewerte** von SBD, DBD, MAP arithmetischer Mittelwert, gewichteter Mittelwert, Median (Zentralwert)
- **Variabilitätsmaße** von SBD, DBD, MAP
 - **Zeitbereich**
Standardabweichung, Standardfehler, Spannweite, Variabilitätskoeffizient, Quartile, Minima / Maxima
 - **Frequenzbereich** (Autokorrelations- und Spektralanalysen wie Fouriertransformation, trigonometrische Regression)
Die drei wichtigsten Frequenzbänder sind: very low (VLF: 0,003 Hz – 0,040 Hz), low (LF: > 0,040 Hz – 0,150 Hz \rightarrow Mayer Wellen), high (HF: > 0,150 Hz – 0,400). Bei Langzeitaufzeichnungen (ABDM) nutzt man auch noch ein ultra low (ULF: < 0,003 Hz) bzw. ultra high (UHF: > 0,4 Hz) Band.
Parameter sind: Gesamtvarianz, Restvarianz, in Abhängigkeit vom Frequenzband der Anteil aufgeklärter Varianz, mittlere Frequenz / Amplitude, Maximal- / Minimalvarianz, Maximal- / Minimalfrequenz, Maximal- / Minimalamplitude,
- **Arbeitsbedingte Veränderungen** von SBD, DBD, MAP
 - **Reaktivität:** Veränderung der Aktivierung bei einer belastungsinduzierten Reaktion – bezogen auf ein Ausgangs- oder Normalniveau (Bezugswert).
 - **Erholung / Rückstellung:** Veränderung der Aktivierung nach Beendigung einer arbeitsinduzierten Reaktion bzw. als Rückstellzeit auf ein Ausgangs- oder Normalniveau.

Beide Differenzwerte hängen sowohl von der Höhe der Arbeitsbelastung selbst als auch von der des Bezugswertes ab und müssen in Abhängigkeit vom sogenannten Ausgangswertgesetz bewertet werden. Eine ausführliche Diskussion der Ausgangswertabhängigkeit findet sich bei Kallus (1992).

Empfohlene Bezugswerte:

- das während der Nacht erreichte Minimum oder der Mittelwert der nächtlichen Schlafphase
- Ruhewerte vor Schichtbeginn (mindestens fünf manuell ausgelöste Meßwerte im Abstand von mindestens drei Minuten)
- Rückstellung der Beanspruchungsmeßgrößen eine Stunde nach Schichtende.

Empfohlene Beanspruchungswerte:

- Mittelwert (Median bei Nichtnormalverteilung) über eine Schicht oder über definierte Tätigkeits- abschnitte.
- Maximalwert oder mittlere Maximalwerte über bestimmte Tätigkeits- bzw. Zeitabschnitte.

Die spezifische Definition von Reaktivität und Erholung hängt jedoch von der Fragestellung und damit vom Untersuchungsdesign sowie den ausgewählten Meßgrößen und ihrer Erfassung ab.

3. Einflußfaktoren auf den Blutdruck

Der normale Blutdruck des Menschen variiert im Verlauf einer 24 Stundenperiode in Abhängigkeit von habituellen und aktuellen Einfluß- und Belastungsfaktoren.

Habituelle Einflußfaktoren:

Alter (Anstieg des SBD von der Kindheit bis zum 70. / 80. Lebensjahr, Anstieg des DBD bis zum 50. / 60. Lebensjahr, jedoch bei geringerer Zunahme als beim SBD), **Geschlecht** (Männer weisen mit Beginn der Adoleszenz höheren BD auf als Frauen, Angleichung des BD zwischen Männern und Frauen nach der Menopause, ältere Frauen haben häufig höheren BD als altersgleiche Männer), **individuelle Lebensführung und ökonomische Einflüsse** (Übergewicht / Fettleibigkeit, Kochsalzaufnahme, Wohn-, Lebens- und Arbeitsbedingungen wie Stress, Bewegungsmangel u.a.), **Erkrankungen** (Gefäßerkrankungen (metabolisches Syndrom), periphere Durchblutungsstörungen (z.B. Raucherbein, Diabetes mellitus), essentielle (primäre) Hypertonie, sekundäre Hypertonien wie renale Hypertonie, endokrine Hypertonie, Isthmusstenose der Aorta, Blutdrucksteigerungen bei kardiovaskulärer Hypertonie (mit permanenter Steigerung des SBD) wie Aortenbogensyndrom, arteriovenöse Fisteln, Ductus Botalli apertus, Aortenklappeninsuffizienz, hochgradige Bradykardie (z.B. AV-Block III°), Elastizitätsverlust der großen Gefäße, hämatogene Hypertonie bei Polycythaemia vera und Polyglobulie, hormo-nelle Hypertonie z.B. Hyper- und Hypothyreose; transitorische Schwangerschaftshypertonie z.B. Präeklampsie, Eklampsie, neurogene Hypertonie (z.B. Hirndruck, Tumoren, Polyneuritis, Enzephalitis, Meningitis, zerebrale Hyperkapnie), Vergiftungen (Blei, Thallium, Kohlenmonoxid usw.), akute intermittierende Porphyrie, **Gesundheits- und Trainingszustand** (Ausdauertrainierte haben allgemein geringeren BD).

Aktuelle Einflußfaktoren:

Tageszeit (zirkadianer Rhythmus - allgemein zeigt sich ein biphasischer Verlauf mit Gipfeln am frühen Vormittag und spätem Nachmittag sowie Tiefstwerten während des Schlafes in der Nacht), **Wachheitsgrad** (Wach- und Schlafphase), **Körperstellungen** (Sitzen, Stehen, Liegen), **Anteil psychischer** (mental, emotional) und **physischer** (statisch, dynamisch) **Aktivität** (Arbeit), **Schmerzzustände, klimatische Bedingungen** (Hitze, Kälte, Nässe), **physikalische Umgebungseinflüsse** (Lärm, Vibration, elektrischer Strom, Höhenbedingungen / Sauerstoffmangel, erhöhter Luftdruck (Tauchen / Preßatmung), **chemisch-toxische Faktoren** (Cadmium, Arsen, Blei, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, organische Lösungsmittel, Schwefelwasserstoff, Schwefelkohlenstoff, Methanol, Salpetersäureester, Nitroglycerol / Nitroglycol), **Genußmittel** (Rauchen, Alkohol, Kaffee), **Füllung der Harnblase**.

4. Methoden der brachialen Blutdruckmessung unter Arbeitsbedingungen

In der Arbeitsphysiologie erfolgen die Blutdruckmessungen vorzugsweise am Oberarm mittels automatisch messenden Geräten mit vorprogrammierten, definierten Zeitintervallen. Man unterscheidet:

- **automatische oder halbautomatische manuell ausgelöste Blutdruckmessung** i. S. der Selbstmessung (mit Tätigkeitsprotokoll)
- **automatische 24-Stunden-(Langzeit)Blutdruckmessung** (mit Tätigkeitsprotokoll).

Meßprinzip: Methode nach RIVA-ROCCI (RR)

Blutdruckmanschette zur Stauung mit Druckwandler und Sensor ⇒ nach Ablassen des Manschettendruckes (> als der systolische Wert) werden systolischer und diastolischer Wert – unter Beachtung der fünf Phasen - anhand der Korotkov-Töne beim "Durchschlagen" durch die gestaute Arterie erfaßt

Meßvarianten:

- **oszillometrisch:** Messung von Volumenänderungen des arteriellen Blutflusses (Drucksensor ist die Manschette selbst): bei sinkendem Manschettendruck in den Bereich des SBD werden Druckwellen (Druckoszillationen) mit unterschiedlicher – zunächst ansteigender, dann abfallender - Amplitude erfaßt \Rightarrow maximale Amplitude entspricht dem MAP, SBD und DBD entsprechen bestimmten Prozentsätzen der maximalen Amplitude
- **auskultatorisch:** Hörbarwerden der Korotkov-Geräusche (SBD erstes (Phase I), DBD letztes (Phase IV oder V) Korotkov-Geräusch)

Blutdruckmeßgeräte:

Die Vielfalt der Blutdruckmeßgeräte - die meisten Geräte verwenden die primären oder gefilterten Korotkovgeräusche – unterscheidet sich durch das Meßprinzip (oszillometrisch, auskultatorisch), die Meßwertanzeige (optisch, akustisch), die Art der Manschette mit Druckaufnehmer / -wandler, die Pumpe sowie die unterschiedlichen Möglichkeiten zur Artefakteliminierung (Unterschiede u.a. durch Bandpaßfilter, Frequenzfilter, Druckabfallgeschwindigkeiten).

In Deutschland dürfen für den Einsatz am Patienten nur Geräte verwendet werden, die durch die Physikalisch Technische Bundesanstalt (PTB) zugelassen sind. International werden derzeit 43 Langzeit-Blutdruckmeßgeräte angeboten, von denen neun Geräte den Validisierungskriterien der British Hypertension Society (BHS) oder der Association for the Advancement of Medical Instruments (AAMI) und damit auch denen der PTB (Prüfkriterien der PTB sind an die der BHS und AAMI angelehnt) entsprechen (O' Brien 1998). Das gilt auch für die Eichpflicht (Eichgesetz vom 22.02.1985), nach der die Gültigkeitsdauer einer Eichung zwei Jahre beträgt. Eine Übersicht über Meßgeräte findet sich u.a. zur Blutdruckselbstmessung bei Eckert et al. (1994), zur 24-h Messung bei O' Brien (1998). Die Entscheidung für ein Gerät reduziert sich auf die Frage Comfort, Bedienerfreundlichkeit und Kosten.

Die moderne Technik hat das Blutdruckmessen zwar vereinfacht, dennoch gilt auch hier, die Grundprinzipien der Blutdruckmessung einzuhalten, um reproduzierbare und zuverlässige Werte erhalten zu können. Das setzt in jedem Fall die Information und Schulung des Anwenders sowie die exakte Einhaltung der Angaben der Gerätehersteller, einschließlich vorgeschriebenem Arbeitsablauf voraus.

Validierung:

Meßgenauigkeit:

Grundsätzlich kann bei Geräten, die den Qualitätskriterien und Vorschriften der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt genügen, von einer zuverlässigen Blutdruckmessung ausgegangen werden. Die Validierung der Blutdruckmeßgeräte erfolgt zum einen durch Vergleich mit dem intraarteriellen BD (Gold-Standard), zum anderen durch Parallelmessungen mittels herkömmlichem Spysgmomanometer – häufig simultan am gleichen Arm (zeitgleiche Bestimmung der Korotkovgeräusche durch den Prüfer) oder simultan an beiden Armen (Gerät mißt an einem Arm, Prüfer am andern Arm). Derzeit wird auf europäischer Ebene an einem einheitlichen Prüfprotokoll gearbeitet. Unter Ruhebedingungen fanden sich zwischen verschiedenen Langzeit-Blutdruckmeßgeräten und intraarteriellem BD (Oxford-Technik) für SBD Korrelationskoeffizienten von .88 bis .95, für DBD von .86 bis .95. Dabei stellte sich eine leichte Unterbewertung des SBD bzw. Überbewertung des DBD heraus.

Reproduzierbarkeit:

Sowohl die Blutdruckselbstmessung als auch die 24-Stunden-Blutdruckmessung weisen intraindividuell eine ausgesprochen gute Reproduzierbarkeit auf – allerdings unter der Voraussetzung eines weitgehend identischen Tagesablaufs mit annähernd gleicher Arbeitsbelastung und ähnlichen Schlafphasen. In Test-Retest-Analysen zur Langzeit-Blutdruckmessung fanden sich für SBD u.a. Korrelationskoeffizienten von .84 bis .88, für DBD von .83 bis .86. Als Maße für die Stabilität der Meßwerte werden vor allem die Mittelwerte über bestimmte Zeit- (Wach- / Schlafphase, Arbeit /

Schicht / Freizeit) oder Tätigkeitsabschnitte zwischen den intraindividuellen Messungen verglichen (Seibt et al. 1996).

4.1. Allgemeine Regeln der Blutdruckmessung

Unabhängig davon, welches Gerät verwendet wird, muß die jeweilige Bedienungsanleitung des Gerätes eingehalten und folgendes beachtet werden:

Armmanschette:

- Manschettengröße entsprechend Oberarmumfang wählen (Hinweise der Hersteller beachten)

Manschettengrößen für Erwachsene:

(Maße beziehen sich auf aufblasbaren Gummiteil der Manschette)

Oberarmumfang < 33 cm: Breite 12 – 13 cm, Länge 24 cm (Standardmanschette)

Oberarmumfang 33 – 41 cm: Breite 15 – 17 cm, Länge 30 cm

Oberarmumfang > 41 cm: Breite 18 cm, Länge 36 cm.

- Manschette muß am Oberarm fest anliegen, aber darf vor dem Aufpumpen keinen Druck auf Arterie ausüben, unterer Manschettenrand ca. 2,5 cm über der Ellenbeuge, aufblasbarer Teil an der Innenseite des Meßarmes
- bei **oszillometrischem** Meßprinzip dient die Manschette selbst als Drucksensor (Manschettschlauch muß distal aus Manschette austreten (Innenseite des Oberarms im Bereich der Arterie in Richtung Hand); Metallbügel darf nicht über der Arterie liegen)
- bei **auskultatorischem** Meßprinzip muß das in die Manschette eingebaute Mikrofon oder Stethoskop über der A. brachialis (Schlagader an der Innenseite des Oberarmes) liegen

Vorgehen beim Meßvorgang:

- Meßort ist meist Oberarm, selten Handgelenk (Erstmessung an beiden Armen / Handgelenken (30 Sekunden Pause zwischen den Meßvorgängen), bei Feststellen von Seitendifferenzen weitere Messungen am Arm / Handgelenk mit dem höheren BD; in der Regel messen Rechtshänder am linken, Linkshänder am rechten Arm)
- Meßarm entspannt lagern, Blutdruckmeßpunkt muß immer in Herzhöhe liegen (bei Anspannung des Armes kann BD bis zu 10 mmHg höher sein)
- Messung ohne beengende Kleidung vornehmen, auch Ärmel nicht nach oben schieben (venöser Rückstrom im Arm wird dadurch behindert; Venenstauung erhöht den BD).
- Beginn der Messung aus der beruflichen Alltagssituation heraus nach 3 bis 5 Minuten im Sitzen (oder Liegen) bei entspannter Körperhaltung,
- Aufpumpen der Manschette 30 mmHg über dem Punkt des Verschwindens des palperten Radialpulses
- Abbläßgeschwindigkeit des Druckes bei Messung im Sitzen 2 - 3 mmHg/s (Meßgenauigkeit: 2 mmHg)
- Wiederholungsmessungen frühestens nach 3 Minuten

Fehler bei der Blutdruckmessung:

- Nichteinhaltung der Meßvorschriften und Instruktionen (z.B. ruckartige und intensive Armbewegungen)
- Manschette zu schmal / zu locker ⇒ zu hoher BD (z.B. Oberarmumfang > 40 cm ⇒ Werte ca. 20 mmHg zu hoch)
- Manschette zu breit ⇒ zu niedriger BD
- Mikrofon falsch plziert ⇒ Meßfehler bis zu 5 mmHg (Verschiebung zur Vorder- oder Hinterseite des Oberarms führt zu Meßfehlern bis zu 5 mmHg)
- "auskultatorische Lücke" (Verschwinden der Korotkov-Töne unterhalb des SBD ⇒ zu niedriger BD)
- Ellenbeuge unter Herzhöhe ⇒ zu hoher BD

- Ellenbeuge über Herzhöhe \Rightarrow zu niedriger BD
- Manschette über der Kleidung \Rightarrow unzuverlässiger BD
- Oberarm durch enge Kleidung eingeschränkt \Rightarrow unzuverlässiger BD
- Abflußgeschwindigkeit zu langsam (< 2 mm/s) \Rightarrow zu hoher DBD
- Abflußgeschwindigkeit zu hoch (> 3 mm/s) \Rightarrow zu hoher DBD, zu niedriger SBD
- Einfluß von Umwelt- und Störgeräuschen, Muskelkontraktionen, Bewegungen, Zwangshaltungen

4.2. 24-Stunden-Blutdruckmonitoring (ABDM)

Beim ABDM werden Blutdruck und Pulsfrequenz mit einem tragbaren Meßgerät in definierten Zeitabschnitten gemessen.

- **Meßmethodik** (German Hypertension League 1995):
 - **Selbstprotokollierung:** mindestens stündlich, besser zu jedem Meßzeitpunkt \Rightarrow Aufzeichnung wesentlicher Aktivitäten (z.B. Ruhen, Schlafen, Schichtbeginn / -ende, psychische bzw. körperliche Aktivitäten, Einwirkungen, Körperhaltung) \Rightarrow besondere Ereignisse entsprechend dem Meßzeitpunkt vermerken
 - **Fremdprotokollierung:** externe (kontinuierliche) Zeit- und Tätigkeitsablaufanalysen
- **Meßort:** Oberarm (meist links / nicht dominanter Arm wegen Bewegungsfreiheit)
- **Meßintervalle:**
 - Tag (6.00 Uhr bis 22.00 Uhr) \Rightarrow 15 min (Variation: 10 bis 20 min)
 - Nacht (22.00 Uhr bis 6.00 Uhr) \Rightarrow 30 min (Variation: 15 bis 60 min)

Bei der Vorzugsvariante (Tag: 15 min; Nacht: 30 min) entspricht das über den Zeitraum von 24 Stunden 80 Meßwerten, wovon 64 auf die Tagphase und 16 auf die Nachtphase entfallen. Die Arbeitsschicht (8 Stunden) innerhalb der Tagphase umfaßt 32 Meßwerte.
- **Fehlmessungen:** durchschnittlich 2 bis 8 % (mindestens 50 auswertbare Meßwerte in 24 Stunden)
- **Tätigkeitsprotokollierung** (je nach Fragestellung):

Fehlerquellen beim ABDM:

- Wiederholungsmessungen zu früh oder am nicht entstaubtem Arm
- Manschette verrutscht \Rightarrow nicht über der A. brachialis
- häufige Fehlmessungen bei starkem Oberarmumfang
- vermehrte Fehlmessungen bei statischen Haltungen (z.B. Autofahren).

Methodische Vorteile des ABDM:

- einfache Applikation von Manschette und Meßgerät, sichere Fixierung der Manschette,
- gute Trageeigenschaften
- keine Temperatureffekte (u.a. Kälte, Hitze)
- kurze Einarbeitungszeit für die Nutzung.
- variable Meßintervalle und damit gute Anpassung an arbeitsphysiologische Untersuchungsansätze
- Sofortauswertung (Nachbesprechung der Beanspruchungsbewertung im Beisein des Untersuchten)
- beliebig wiederholbar
- relativ geringe Fehlerbreite.

Informationen / Instruktionen für den Untersuchten:

- Aufklärung über Untersuchungsziel, -methode, Meßvorgang und Bedienung des Meßgerätes, einschließlich möglicher Probleme und Meßfehler des ABDM (Checkliste zu technischen Besonderheiten des jeweiligen Gerätes ist hilfreich)
- Tagesablauf so normal wie möglich gestalten (BD soll repräsentativ sein)

- Messungen werden vom Gerät automatisch ausgeführt (Meßintervalle in Abhängigkeit der Fragestellung wählen)
- Meßergebnisse werden automatisch gespeichert
- Arm sollte während der Messung in eine lockere entspannte Haltung gebracht werden
- Blutdruckmanschette sollte nicht verrutschen (Messung in Herzhöhe)
- bei Fehlmessungen erfolgt nach ca. 1 min automatisch eine Wiederholungsmessung
- ständiges Nachpumpen kann mit der Start- / Stop-Taste abgebrochen werden
- bei besonderen Belastungssituationen können zusätzliche Messungen manuell ausgelöst werden
- beim Schlafen sollte der Batteriegürtel abgelegt werden, aber ohne die Verbindungsleitungen zu unterbrechen
- Gerät sollte nur im dringenden Notfall abgeschaltet werden
- detailliertes Tätigkeitsprotokoll führen: Anfang und Ende der Arbeitszeit, Wechsel von Stehen / Liegen / Sitzen, körperliche und psychische Belastungen, Schlafphasen, Einnahmezeiten von Medikamenten / Bezeichnung der Medikamente / Dosis
- Besonderheiten oder Beschwerden notieren.

4.3. Validierung der arbeitsbedingten Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems:

- Befragung zu aktuellem Zustand / Befinden und Einflußfaktoren
- vor und nach der Arbeitsschicht je fünf Ruhemeßwerte i. S. der Selbstmessung.

In jedem Fall sollte das **Tätigkeitsprotokoll** zur Bewertung situativer Einflüsse auf die Höhe des BD mit herangezogen und die tägliche Gesamtbelastung berücksichtigt werden. Zur Bestätigung der Protokolle wird die Verwendung eines Aktivitätsmessers empfohlen. Parallel zur Blutdruckmessung sollte – je nach Fragestellung - eine **externe Arbeitsanalyse** (durch andere Person) mit herangezogen werden.

Zur Validierung von **Kreislaufregulationsstörungen** bzw. inadäquater **Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems** durch die Arbeit empfiehlt sich die Wiederholung des ABDM an einem arbeitsfreien Tag.

5. Bewertung des Blutdruckes

Voraussetzung für die Objektivierung der Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems durch die Arbeit und die Identifikation von Kreislaufregulationsstörungen ist zunächst eine gesicherte klinische Diagnose "Normotonie", "Hypertonie" oder "Hypotonie". Für die generelle Beurteilung berufsbedingter Einwirkungen mit krankheitsverursachender Wirkung auf das Herz-Kreislauf-System gibt es bis heute keine gesicherten Grenzwerte zur zulässigen Höhe des BD und der HF- weder für kurzzeitige Einzelbelastungen, noch für Dauerbelastungen. ***Daher können die vorgeschlagenen Beurteilungskriterien nur orientierenden Charakter haben.***

Spektrale Kennwerte werden gegenwärtig noch nicht zur Bewertung zumutbarer Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems herangezogen, da die vorliegenden Erkenntnisse dafür noch nicht ausreichend sind. Zudem haben die verschiedenen Kennwerte verschiedene metrische Eigenschaften, die für momentane Änderungen oder Trends des BD unterschiedlich sensibel sind und damit unterschiedliche Aspekte der Blutdruckvariabilität widerspiegeln. Der Methodenpluralismus auf diesem Gebiet erschwert die Vergleichbarkeit von Ergebnissen.

5.1 Klinische Bewertung

In der **Hypertonie-Diagnostik** basiert die **Bewertung von normalen, niedrigen oder erhöhten Blutdruckwerten** nach wie vor auf dem Gelegenheitsblutdruck (Einzelmessung) mit auskultatorischer Methode nach RIVA-ROCCI und Korotkov, obwohl deren eingeschränkte diagnostische Relevanz inzwischen hinreichend bekannt ist (u.a. white coat effect). Unabhängig von klinischen oder pathophysiologischen Klassifikationen gilt nach internationaler Übereinkunft (WHO-Expertengremien, International Society of Hypertension) ein SBD und / oder DBD ab 140 mmHg bzw. 90 mmHg als hyperten, ab 160/ 95 mmHg als pathologisch. Dieser Grenzwert ist zwar mehr oder weniger willkürlich festgelegt, reflektiert jedoch epidemiologische und klinische Daten des Anstiegens kardiovaskulärer

Folgeerkrankungen mit zunehmender Blutdruckhöhe. Der Bereich zwischen 140/90 mmHg und 160/95 mmHg wird als grenzwertig bzw. Borderline-Hypertonie bezeichnet.

Eine "hypotone Kreislaufelage" kann ebenfalls als auslösender und komplikationsfördernder Faktor an verschiedenen Krankheitsbildern mitwirken und ist insofern als Risikofaktor für die Verursachung von Folgeerkrankungen aufzufassen. Die "Hypotonie", die primär als Blutdruckhöhe unterhalb der jeweiligen Altersnorm definiert ist, betrifft dabei etwa 3% der Bevölkerung. In der Literatur ist die Diagnose "Hypotonie" anhand der Blutdruckwerte aber nicht eindeutig definiert. Die Obergrenzen für chronisch niedrigen SBD reichen von 110 bis 100 mmHg, für DBD von 70 bis 60 mmHg, wobei häufig beim SBD für Männer höhere Werte als für Frauen definiert sind und beim DBD nicht zwischen Männern und Frauen differenziert wird.

Die Feststellung einer "Hypotonie" ist jedoch nicht gleichbedeutend mit dem Vorliegen einer Krankheit. Diese liegt erst dann vor, wenn die Kreislaufregulationsmechanismen in verschiedenen Situationen (Ruhe und Belastung) keinen ausreichend hohen Blutdruck zur Sicherung der arteriellen Durchblutung (z. B. Gehirn, Nieren) gewährleisten. Die eigentliche Krankheit stellen demnach die durch "Hypotonie" verursachten Symptome (Befindensstörungen, Beschwerden) dar, die nicht selten mit Einschränkungen im Wohlbefinden und der Lebensqualität oder aber auch einer verminderten Arbeitsleistung einhergehen. Subjektiv führt die Gleichsetzung von "Hypotonie" und "Krankheit" zu dem Phänomen, daß auch andere Beschwerden irrtümlich auf "Hypotonie" zurückgeführt. Vom "hypotonischen Beschwerdenkomplex" (Schwab 1992) spricht man, wenn Beschwerden wie rasche Ermüdbarkeit, Konzentrationsschwierigkeiten oder Antriebsschwäche mit "Hypotonie" in Verbindung gebracht werden.

5.2. Arbeitsschichtbezogene Bewertung

Nach wie vor gibt es für den BD keine ausreichend gesicherten Erkenntnisse zur Bewertung von Dauerleistungsgrenzen oder Grenzwerten für einzelne Belastungen in der Arbeitstätigkeit. Selbst bei Gesunden können bei bestimmten psychischen und physischen Aktivitäten SBD von 250 mmHg bzw. DBD von 130 mmHg auftreten. Die diagnostische Bedeutung solcher situativen Veränderungen ist jedoch noch unklar. Neuere Untersuchungen zum Erholungsverhalten unterstützen die Annahme, daß verzögerte Rückstellprozesse ein Bewertungsmaß für pathologische Veränderungen der Blutdruckregulation sein können. Untersuchungen zu belastungsspezifischen Ergebnissen fehlen aber noch, so daß vorerst nur Empfehlungen zur Risikobewertung von Personen oder definierten Arbeitstätigkeiten möglich sind.

Arbeitsschichtbezogene Bewertungen sollten sich an den Kriterien des ABDM orientieren, da diese davon ausgehen, daß bei Unterschreitung dieser Kriterien das Risiko für die Entwicklung einer Hypertonie und deren Folgeschäden gering gehalten werden kann. Die Bewertung des BD erfolgt hierbei anhand der von der "Deutschen LIGA zur Bekämpfung des Bluthochdruckes" empfohlenen Kriterien (German Hypertension League 1995). Diese beziehen sich jedoch auf standardisierte Zeitphasen (Tag: 6.00 -22.00 Uhr; Nacht: 22.00 bis 6.00 Uhr) und berücksichtigen den Einfluß unterschiedlicher täglicher Gesamtaktivität, insbesondere durch die Arbeitstätigkeit, ebenso nicht wie alters- und geschlechtsspezifische Differenzierungen. Deshalb sind diese Kriterien für die Bewertung der Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems durch die Arbeit nur bedingt nutzbar.

Aufgrund dieser nicht vorhandenen Normwerte wurden **vorläufige Beurteilungskriterien** der zumutbaren **schichtbezogenen** Beanspruchung festgelegt, die sich am Tagesmittelwert (6.00 – 22.00 Uhr) des ABDM (normal: < 135/85 mmHg) und der Häufigkeit von Blutdruckwerten in 24 Stunden über 140/90 mmHg orientieren (Seibt et al. 1996). Allgemein gilt der SBD und DBD als Bewertungskriterium. Für **vorwiegend körperliche Tätigkeiten** großer Muskelgruppen erfolgt die Bewertung nur anhand des SBD und der HF.

Vorläufige Beurteilungskriterien für normotonen BD unter Arbeitsbedingungen:

- Häufigkeit von Werten > 140/90 mmHg: bis 8 Werte (25 %) pro Schicht (32 Meßwerte)
- Häufigkeit von Werten < 105/70 mmHg: bis 24 Werte (75 %) pro Schicht (32 Meßwerte)
- Unter- / Obergrenzwerte für Schichtmittelwert: 105/70 mmHg - 140/90 mmHg

- Rückstellung nach der Schicht:

Ausgangswerte nach einer Stunde

Toleranzbereich: SBD: ≤ 10 mmHg; DBD: ≤ 5 mmHg.

Eine **normale Beanspruchung** des Herz-Kreislauf-Systems (ohne erhöhtes Risiko) während einer Schicht / Arbeit liegt vor, wenn der BD bei keinem Kriterium innerhalb von Unter- und Obergrenze liegt. Eine **hypotone Lage** des Herz-Kreislauf-Systems während einer Schicht / Arbeit besteht, wenn der BD die unteren Grenzwerte unterschreitet, eine **hypertone Lage**, wenn der BD die oberen Grenzwerte überschreitet. . "**Gesundheitliche Bedenken**" liegen vor, wenn eines der Kriterien nicht erfüllt ist.

Zur Beurteilung von **Kreislaufregulationsstörungen** und **Auswirkungen der Arbeitstätigkeit auf das Erholungsverhalten** des Herz-Kreislauf-Systems sollten zusätzliche Beurteilungskriterien mit berücksichtigt werden.

Zusätzliche Beurteilungskriterien für normotonen BD unter Arbeitsbedingungen:

- Unter- / Obergrenzwerte für 24-h Mittelwert: 100/65 mmHg - 130/80 mmHg
- Unter- / Obergrenze für Nachtmittelwert: 90/60 mmHg - 120/70 mmHg
- nächtlicher Blutdruckabfall: SBD: 10 – 15 %; DBD: 15 – 20 %.

Insbesondere sollte der Blutdruckabfall in der Nacht – im Vergleich zum Tagesmittelwert - bei normaler Blutdruckregulation mindestens 10 % betragen. Fehlender oder nur geringer Blutdruckabfall in der Nacht ("Non-Dipper": < 10 mmHg) findet sich bei 75% der Fälle mit sekundären Hypertonieformen, Schwangerschaftshypertonie, renalen Hochdruckfolgeschäden, Schlafapnoe und bei schlafgestörten Patienten. Bei **hypotoner** Herz-Kreislauf-Situation ist der nächtliche Blutdruckabfall ebenfalls geringer, jedoch auf einem niedrigeren Blutdruckniveau.

Für behandelte **Hypertoniker** sollten die gleichen Kriterien gelten, denn die Einhaltung der Grenzwerte spiegelt das Ergebnis einer erfolgreichen (medikamentösen) Behandlung wider. Bei Überschreitung des durchschnittlichen BD in einer Schicht von 160/95 mmHg bedarf es jedoch weiterer ärztlicher Kontrolle. "Dauernde gesundheitliche Bedenken" bestehen, wenn bereits bei "leichten" Tätigkeiten und / oder nach Schichtende ein SBD über 160 mmHg bzw. DBD über 95 mmHg auftritt.

5.3. Bewertungen situativer und kurzzeitiger Tätigkeiten

Empfehlungen für die zumutbare Beanspruchungshöhe des Herz-Kreislauf-Systems bei **kurzzeitigen hohen mentalen oder körperlich belastenden Arbeitstätigkeiten** sollten sich derzeit an Referenzwerten der Ergometrie, insbesondere für schwere Arbeit (100 W), und der nachfolgenden fünfminütigen Erholung orientieren. Da bisher nur für die HF Zusammenhänge zwischen Ergometrieleistung und Alltagsbelastung ermittelt wurden, scheint es notwendig, neben dem BD vor allem auch die HF mit zu berücksichtigen. Für Männer und Frauen zwischen 20 und 50 Jahren gilt als oberer Grenzwert – ohne die Indikation für eine spätere Hochdruckentwicklung - ein BD von 200/100 mmHg, für über 50jährige 210/105 mmHg. Diese Werte sollten in einer Schicht nicht häufiger als achtmal auftreten und die Stundenmittelwerte ($n = 4$) sollten bei diesen Tätigkeiten nicht höher als 160/95 mmHg sein. Fünf Minuten nach Belastungsende sollten die Werte von 140/90 mmHg (20 bis 50 Jahre) bzw. 150/90 mmHg (älter als 50 Jahre) erreicht bzw. unterschritten werden (Franz 1995).

Zur Beurteilung **extremer situativer Belastungen** (Einzeltätigkeiten) sollten die Ergometrieabbruchkriterien für BD (SBD: > 250 mmHg; DBD: > 120 mmHg) und HF (Erreichen der altersabhängigen maximalen [$HF_{max} = 220$ minus Alter (Jahre)] bzw. submaximalen (85 % der Leistung) HF [$HF_{submax} = 200$ minus Alter (Jahre)]) als Orientierungshilfe dienen, d.h., das Alter stellt die entscheidende Einflußgröße dar. Um kardiovaskuläre Funktionsstörungen zu vermeiden, darf der SBD nicht mehr als 200 mmHg betragen, bevor die Belastungsstufe von 200 W minus Lebensalter (Jahre) erreicht ist. Da bei ca. 200 W für die HF Werte von 150 bis 170 min^{-1} erreicht werden – das entspricht extrem schwerer bzw. rasch erschöpfender körperlicher Arbeit (z.B. Endspurt), dürften solche Werte in jeder Stunde einer Schicht höchstens einmal vorkommen, um eine vollständige Erholungsfähigkeit zu gewährleisten.

Die tatsächliche psychische und physische Leistungsfähigkeit erfordert aber die ganzheitliche Beurteilung des Arbeitnehmers unter Berücksichtigung der beruflichen Tätigkeitsspezifika. Dazu gehören Kenntnisse über Häufigkeit und Dauer bestimmter Belastungen und Beanspruchungen, Arbeitsumgebung, ergonomische Anforderungen der Arbeit, einschließlich Körperhaltungen, Bewegungsabläufe usw. (*vgl. Kap 3.*)

6. Zitierte und weiterführende Literatur

- O'Brien, E.: Automated blood pressure measurement: state of the market in 1998 and the need for an international validation protocol for blood pressure measuring devices. *Blood Press Monitoring* 3 (1998), 205-11.
- De Buyzere, M.; Clement, D. L.; Duprez, D.: Chronic low blood pressure: A review. *Cardiovasc. Drugs Therapy* 12 (1998), 29-35.
- Eckert, S.; Gleichmann, S.; Gleichmann, U.: Validierung von Blutdruckselbstmeßgeräten: welche Blutdruckselbstmeßgeräte sollten verwandt werden? In: Gleichmann, S.; Eckert, S.; Gleichmann, U.; Vetter, W. (Hrsg.): Blutdruckselbstmessung: Standortbestimmung und Perspektiven 1994. Steinkopff, Darmstadt 1994, 37-51.
- Franz, I. W.: Ergometrie bei Bluthochdruck. In: Löllgen, H.; Winter, U. J.; Erdmann, E. (Hrsg.): Ergometrie: Belastungsuntersuchungen in Klinik und Praxis. Springer, Berlin / Heidelberg 1995, 281-286.
- German Hypertension League: Statement on ambulatory blood pressure monitoring by the German Hypertension League. *J. Hum. Hypertens.* 9 (1995), 777-79.
- Holm, D.; Steurer, J.; Vetter, W.: Blutdruck-Selbstmessung vs. Amulantes 24-h-Blutdruckmonitoring: Welches ist die bessere Methode? In: Gleichmann, S.; Eckert, S.; Gleichmann, U.; Vetter, W. (Hrsg.): Blutdruckselbstmessung: Standortbestimmung und Perspektiven 1994. Steinkopff, Darmstadt 1994, 67-73.
- Kallus, K. W.: Beanspruchung und Ausgangszustand. In: Frey, D.; Keupp, H.; Lantermann, E.-D.; Weidenmann, B. (Hrsg.): Fortschritte der psychologischen Forschung, 14. Beltz, Weinheim 1992.
- Mensah, G. A.; Pappas, T. W.; Koren, M. J.: Comparison of classification of the severity of hypertension by blood pressure level and by World Health Organization criteria in the prediction of concurrent cardiac abnormalities and subsequent complications in essential hypertension. *J. Hypertens.* 11 (1993) 1429-1440.
- Nesbitt, S. D.; Amerena, J. V.; Grant, E.; Jamerson, K. A.; Lu, H.; Weder, A.; Julius, S.: Home blood pressure as a predictor of future blood pressure stability in borderline hypertension. The Tecumseh Study. *Am. J. Hypertens.* 10 (1997), 1270-80.
- Scheuch, K.: Haben 24-Stunden-Untersuchungen physiologischer Parameter für die Beanspruchungs-bewertung der Arbeit einen Wert? Österreichische Gesellschaft für Arbeitsmedizin. Maudrich, Wien 1995, 81-87.
- Seibt, R.; Naumann, H.-J.; Hinz, A.: Bewertungskriterien der Blutdruckselbstmessung und der 24-Stunden-Blutdruckmessung. *Nieren- Hochdruckkrankh.* 25 (1996), 337-340.
- Task force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology: Guidelines: Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Eur. Heart J.* 17 (1996), 354-381.
- Wesseling, K. H.; Settels, J. J.; de Wit, B.: The measurement of continuous finger arterial pressure noninvasively in stationary subjects. In: Schmidt, T. F. H.; Dembroski, T. M.; Blümchen G. (Hrsg.): Biological and psychological factors in cardiovascular disease. Springer, Berlin 1986, 355-375.
- Zanchetti, A.; Chalmers, J.; Arakawa, K.; Gyárfás, I.; Hamet, P.; Hansson, L.; Julius, S.; Mac Mahon, S.; Mancia, G.; Ménard, J.; Omae, T.; Reid, J.; Safar, M.: 1993 Guidelines for the management of mild hypertension: Memorandum from a WHO/ISH meeting. *Bull. World Health Organisation* 71 (1993), 503-17.

© Copyright und alle Vertriebsrechte: Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e. V. (DGAUM)

Erarbeitet von:

Seibt, R. Scheuch, K.

Universitätsklinikum Carl Gustav Carus der Technischen Universität Dresden

Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin

Fetscherstraße 74, D-01307 Dresden

Redaktioneller Stand: Mai 1999

Von der Arbeitsgemeinschaft der Leiterinnen und Leiter arbeitsmedizinischer Hochschulinstitute verabschiedet

(Dezember 1998)