

原 著

健常人および高血圧患者の 自動血圧測定値に及ぼす着衣の影響の検討

獨協医科大学 医学部

半田 智成 畠中 淳 堤 嘉朗 高野 賢太

獨協医科大学 内科学 (腎臓・高血圧)

里中 弘志 石光 俊彦

要 旨 高血圧患者および一般住民において家庭血圧は診察室血圧よりも脳心血管イベントの予測能に優れていることが示されている。一般的に自動血圧計による家庭血圧測定においてシャツの着用は許容されているが、より厚みのある上着を着用した場合の測定値への影響についてはよく知られていない。本研究では、健常人20名、高血圧患者32名を対象として、片腕にシャツまたは上着を着用、対側を裸腕として、同じ型のオシロメトリック法による自動血圧計で同時に血圧を測定、左右の血圧計を交換して測定を繰り返し比較することにより、袖の存在が血圧測定値に及ぼす影響を検討した。血圧の左右差は小さく(0.7/0.2mmHg)、2台の自動血圧計による測定値の違いも小さかったが(0.3/-0.4mmHg)、時間の経過により有意な測定値の低下が観察された(-4.2/-2.1mmHg, $p < 0.001$ / $p = 0.004$)。シャツの着用により血圧測定値に有意な影響は認められなかったが(-1.5/0.3mmHg, $p = 0.152$ / $p = 0.729$)、上着を着用することにより-4.2/1.3mmHg ($p = 0.003$ / $p = 0.140$)と収縮期血圧が有意に低く測定された。自動血圧計を用いた家庭血圧の測定において、シャツの着用は測定値に明らかな影響を及ぼさないが、上着を着用することにより収縮期血圧が低く測定されると考えられる。

Key Words : 血圧, 家庭血圧, 自動血圧計, 高血圧

緒 言

高血圧は生活習慣病の中で最も頻度が高く、わが国における高血圧患者数は約4300万人と推定されている¹⁾。そして、高血圧は、脳卒中、虚血性心疾患、腎不全などの脳心血管病の主要な危険因子であるため、その適切な管理は国家レベルで重要な問題である。一般的に高血圧の診断や治療は外来にて測定された診察室血圧に基づいて行われることが多いが、患者が自動血圧計を用いて自己測定する家庭血圧や24時間携帯式自動血圧計を装着して記録する自由行動下血圧(Ambulatory Blood Pressure Monitoring: ABPM)は、診察室血圧よりも密接に心肥大や腎障害などの高血圧性臓器障害の程度と関連

し、生命予後や脳心血管イベント発症のリスクの予測に優れることが示されている^{2~4)}。数多くの高血圧患者に繰り返しABPMを記録するのは難しいため、実地臨床における診察室外血圧の評価には家庭血圧が用いられることが多い。

わが国では主にオシロメトリック法による自動血圧計が数多く普及しており、手軽に家庭血圧を測定できる状況にある。これらの自動血圧計を家庭血圧の測定に用いる場合、精度の観点から上腕カフを備えた装置が推奨されており、裸腕の上にカフを巻いて測定するのが原則である。一般的に、薄いシャツ1枚程度の着用による影響は小さいと想定されているが⁵⁾、より厚手の袖が介在する場合、測定値にどの程度の影響があるかについては明確に一定の見解が得られていない。

本研究では、健常人および高血圧患者の自動血圧計による血圧測定において、シャツや上着など袖のある衣服の着用が測定値に及ぼす影響について検討した。

令和2年8月31日受付, 令和2年9月18日受理
別刷請求先: 石光俊彦

〒321-0293 栃木県下都賀郡壬生町北小林880
獨協医科大学 内科学 (腎臓・高血圧)

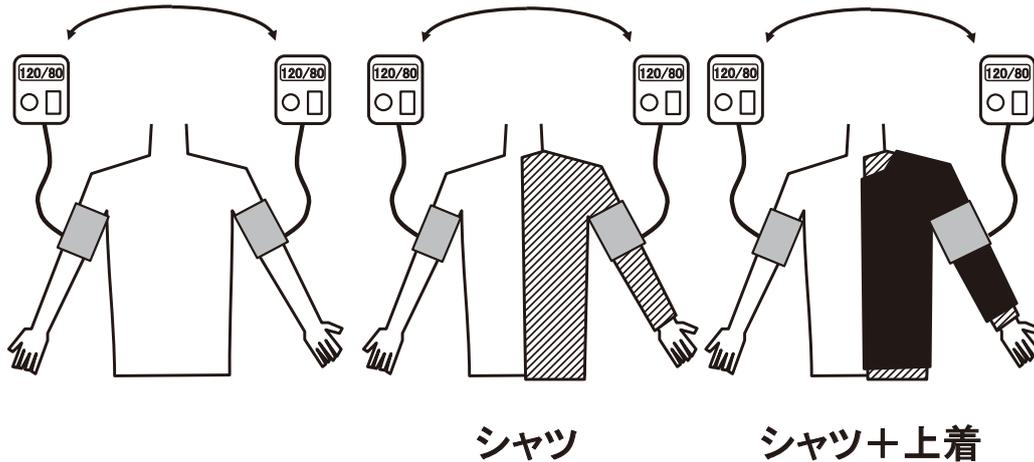


図1 2台の自動血圧計による両側上腕の同時血圧測定. 左上肢にシャツあるいは上着を着衣.

対象と方法

加療中の疾患がない健常人 20 名および外来通院中の高血圧患者 32 名を対象として、オシロメトリック法による上腕式自動血圧計（腕帯巻きつけタイプ、オムロン）2 台（A, B）を用い、右上腕は露出、左上腕は露出あるいはシャツ、上着を着た状態で、1 人の検査者が腕帯を巻き、下記のように左右上腕で同時に血圧測定を 6 回繰り返し（図 1）。

- 1 回目：両上腕露出にて測定
- 2 回目：同上、血圧計を交換し測定
- 3 回目：右上腕露出、左上腕シャツ着用にて測定
- 4 回目：同上、血圧計を交換し測定
- 5 回目：右上腕露出、左上腕上着着用にて測定
- 6 回目：同上、血圧計を交換し測定

ここで、1) 血圧の左右差は時間により変わらない、2) 血圧の時間による変動は左右で同じである、3) 血圧計 A, B の測定値の差は一定である、と仮定した。収縮期、拡張期血圧の測定値につき、左右差（左 - 右）を dA 、時間経過による血圧の変化（2 回目 - 1 回目）を dT 、血圧計による測定値の違い（血圧計 B - 血圧計 A）を dM とし、各測定値よりシャツ着用による影響（ dS ）と上着着用による影響（ dC ）を計算した。そして、血圧計 A で 1 回目に測定した右上腕の血圧値を $PR1$ 、血圧計 B で 1 回目に測定した左上腕の血圧値を $PL1$ 、血圧計 B で 2 回目に測定した右上腕の血圧値を $PR2$ 、血圧計 A で 2 回目に測定した左上腕の血圧値を $PL2$ 、血圧の左右差を dA 、血圧計 A, B の測定値差を dM 、時間による血圧値の変化を dT とすると、下記の式で表される関係が成り立つ。

$$PL1 = PR1 + dA + dM$$

$$PR2 = PR1 + dM + dT$$

$$PL2 = PR1 + dA + dT$$

これに測定値を代入することにより、各対象者において dA 、 dM および dT を算出した。

次に、左上腕にシャツを着用した時の $PR1$ 、 $PL1$ 、 $PR2$ 、 $PL2$ 、 dA 、 dM 、 dT をそれぞれ $PR1s$ 、 $PL1s$ 、 $PR2s$ 、 $PL2s$ 、 dAs 、 dMs 、 dTs とし、シャツの着用による血圧測定値の変化を dS とすると、仮定より $dAs = dA$ なので、下記の式で表される関係が成立する。

$$PL1s = PR1s + dA + dMs + dS$$

$$PR2s = PR1s + dMs + dTs$$

$$PL2s = PR1s + dA + dTs + dS$$

これに測定値を代入することにより、各対象者において dTs 、 dMs および dS を算出した。

そして、左上腕に上着を着用した時の $PR1$ 、 $PL1$ 、 $PR2$ 、 $PL2$ 、 dA 、 dM 、 dT をそれぞれ $PR1c$ 、 $PL1c$ 、 $PR2c$ 、 $PL2c$ 、 dAc 、 dMc 、 dTc とし、上着の着用による血圧測定値の変化を dC とすると、仮定より $dAc = dA$ なので、下記の式で表される関係が成立する。

$$PL1c = PR1c + dA + dMs + dC$$

$$PR2c = PR1c + dMc + dTc$$

$$PL2c = PR1c + dA + dTc + dC$$

これに測定値を代入することにより、各対象者において dTc 、 dMc および dC を算出した。

各対象者において測定値、算出値を集計したデータは平均 ± 標準偏差 (SD) で表し、各測定値の比較には対応のある Student の t 検定を用いた。対象者数の頻度の比較にはカイ 2 乗検定を用いた。

研究計画は獨協医科大学病院生命倫理委員会に承認され (R-18-1J)、各対象者には研究の目的とプロトコルを説明の上、同意を得て行われた。

表1 対象者の背景因子

	健康人	高血圧	P 値
年齢 (歳)	26.6±8.5	59.4±17.5	<0.001
性別 (男/女)	15/5	19/13	0.249
身長 (cm)	166.0±7.9	162.3±10.4	0.193
体重 (kg)	61.8±13.3	64.2±17.8	0.614
BMI (kg/m ²)	22.2±3.1	24.1±4.9	0.141
収縮期血圧 (mmHg)	118.4±9.6	127.3±13.7	<0.001
拡張期血圧 (mmHg)	73.9±5.7	78.3±9.9	<0.001
心拍数 (bpm)	77.4±10.6	73.8±13.5	0.117
併症			
糖尿病		8 (25%)	
脂質異常症		23 (72%)	
高尿酸血症		10 (31%)	
心血管病		5 (16%)	
慢性腎臓病		21 (66%)	

平均±SD, 症例数 (%)

結 果

対象とした健康人 20 名および高血圧患者 32 名の背景因子を表 1 に示す。健康人は 20 名中 18 名 (90%) が獨協医科大学医学部の学生であり、高血圧患者は全例が獨協医科大学病院腎臓・高血圧内科の外来に通院加療中の症例であった。年齢は高血圧患者の方が高かったが、男女比、身長、体重、BMI には両群の間に有意差は認められなかった。収縮期および拡張期血圧は健康人より高血圧患者の方が高値であったが、脈拍数には有意差がなかった。高血圧患者の多くは脂質異常症 (72%) や推算糸球体濾過量 (eGFR) 60 mL/分/1.73 m² 未満あるいは微量アルブミン尿 (≥30 mg/gCr) 以上の蛋白尿に該当する慢性腎臓病 (66%) を合併していた。

表 2 に高血圧患者群における服用薬剤を示す。全例が降圧薬を服用中であり、その種類の中では ACE 阻害薬、アンジオテンシン II 受容体拮抗薬 (ARB) などのレニン-アンジオテンシン系阻害薬 (72%) や Ca 拮抗薬 (63%) を服用している症例が多かった。その他、脂質異常症 (56%)、高尿酸血症 (34%)、糖尿病 (22%) など高血圧以外の生活習慣病に対する治療薬を服用している症例が多く含まれていた。

表 3 に両側上腕とも袖のない状態で 2 回連続して測定した血圧測定値から計算した dA, dT および dM のデータを示す。dA は平均 0.7/0.2 mmHg, dM は平均 0.3/-0.4 mmHg と血圧の左右差、血圧計による差は有意ではなかったが、dT は平均 -4.2/-2.1 mmHg で時間経過により有意に低下した (p<0.001/0.004)。

次に、右は裸腕で左上腕はシャツの袖がある状態で 2

表 2 高血圧患者の服用薬剤

薬剤	症例数 (%)
降圧薬	
利尿薬	10 (31%)
交感神経抑制薬	4 (13%)
Ca 拮抗薬	20 (63%)
ACE 阻害薬, ARB	23 (72%)
糖尿病治療薬	7 (22%)
脂質異常症治療薬	18 (56%)
高尿酸血症治療薬	11 (34%)
抗血小板薬	7 (22%)
免疫抑制薬	4 (13%)

回連続して測定した血圧値から計算した dTs, dMs および dS のデータを表 4 に示す。dMs は平均 0.1/0.0 mmHg と血圧計による測定値に有意差はなかったが、dTs は平均 -2.4/-0.6 mmHg と時間経過による収縮期血圧の低下は有意であった (p=0.033)。dS は平均 -1.5/0.3 mmHg と有意ではなかったが絶対値では平均で 5.9/4.3 mmHg の違いがあった。

続いて、同じく右は裸腕で左上腕は上着の袖がある状態で 2 回連続して測定した血圧値から計算した dTc, dMc および dC のデータを表 5 に示す。着用した上着の種類は、17 名がジャケット、16 名がジャンパー、13 名がジャージあるいはパーカー、6 名がセーターあるいはカーディガンであった。dMc は平均 1.0/0.0 mmHg と血圧計による測定値に有意な差はなかったが、dTc は平均 -2.3/-1.6 mmHg とやはり時間経過により収縮期血圧が有意に低下した (p=0.025)。dC は平均-

表3 血圧の左右差, 経時変化および血圧計による測定値の差. (両側上腕袖なし)

	収縮期血圧		拡張期血圧	
	相対値	絶対値	相対値	絶対値
dA (左-右)	0.6±5.1	4.1±3.1	0.2±3.6	2.9±2.1
dT (2回目-1回目)	-4.2±6.2‡	5.9±4.7	-2.1±4.0†	3.5±2.9
dM (血圧計B-血圧計A)	0.3±4.0	2.9±2.7	-0.4±2.1	1.7±1.3

平均±SD, † p<0.005, ‡ p<0.001

表4 血圧の経時変化, 血圧計による測定値の差および左上腕にシャツを着用した場合の測定値への影響

	収縮期血圧		拡張期血圧	
	相対値	絶対値	相対値	絶対値
dTs (2回目-1回目)	-2.4±7.7*	6.2±5.1	-0.6±4.9	3.8±3.2
dMs (血圧計B-血圧計A)	0.1±8.1	6.1±5.3	0.0±4.5	3.6±2.9
dS (シャツ-袖なし)	-1.5±7.2	5.9±4.4	0.3±5.1	4.3±2.7

平均±SD, * p<0.05

表5 血圧の経時変化, 血圧計による測定値の差および左上腕に上着を着用した場合の測定値への影響

	収縮期血圧		拡張期血圧	
	相対値	絶対値	相対値	絶対値
dTc (2回目-1回目)	-2.3±7.8*	6.5±4.8	-1.6±5.0	4.0±3.3
dMc (血圧計B-血圧計A)	1.0±9.0	6.5±6.1	0.0±5.8	4.5±3.6
dC (上着-袖なし)	-4.2±9.8*	7.7±7.2	1.3±5.9	4.7±3.7

平均±SD, * p<0.05

4.2/1.3mmHgと上着の袖が存在することにより収縮期血圧が有意に低く測定された(p=0.003). 測定値の違いは絶対値では平均で7.7/4.7mmHgであった.

図2は, 収縮期血圧値とシャツあるいは上着を着用した場合の測定値の違いとの関係を示すBland-Altmanプロットのグラフである. 上着の袖の存在により収縮期血圧が低く測定される傾向が認められるが, 収縮期血圧の高低により測定値差に明らかな違いは認められなかった.

考 察

前述したように, 外来で測定される診察室血圧よりもABPMや家庭血圧などの診察室外血圧の方がより密接に高血圧性臓器障害や脳心血管病のリスクと関係し, 特に家庭血圧はABPMよりも簡便で汎用性に優れるため実地診療における有用性が高い. また, 医療スタッフが血圧を測定すると緊張により高値になるが診察室外においては正常範囲である白衣高血圧は臓器障害や脳心血管

病リスクへの影響は少なく降圧薬治療の適応にならないが⁶⁾, 逆に診察室血圧は正常であるが早朝, 昼間, 家庭における診察室外血圧が高値となる仮面高血圧はリスクが高く降圧薬治療を含め積極的な管理の対象となる^{7,8)}. これらの白衣高血圧や仮面高血圧などの血圧日内変動の異常も家庭血圧のモニターにより判断することができる. このようなことから, 日本高血圧学会による高血圧治療ガイドライン2019(JSH2019)⁹⁾においては診察室血圧よりも家庭血圧を重視して高血圧の診断を行う方針が示されている.

家庭血圧の測定法としてJSH2019では, 上腕カフとオシロメトリック法の装置を用い座位にて1-2分の安静後に測定すること, 朝晩2機会にそれぞれ2回ずつ測定して平均値をとること, 5-7日間の平均値を評価することなどが示されている. 着衣の影響については記述されていないが, 診察室血圧の測定法に準ずるとすれば, 厚手のシャツや上着を着用したり袖をたくし上げてカフを巻くことは避けなければいけないと考えられる. 日

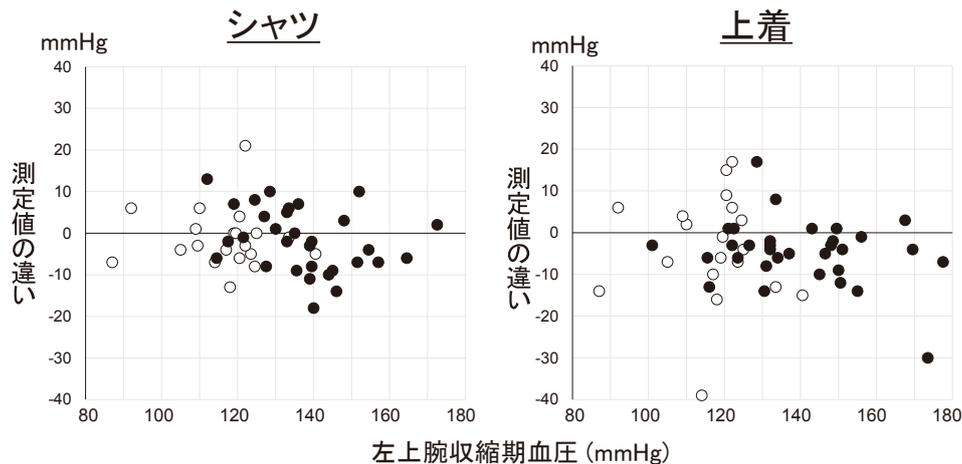


図2 収縮期血圧値と測定誤差のBland-Altmanプロット。

○ 健康人, ● 高血圧患者。

本高血圧学会による家庭血圧測定の指針⁵⁾によれば家庭血圧の測定においてワイシャツやメリヤスなど薄手のシャツの着用は許容されているが, そのエビデンスは必ずしも明確でなく, より厚手の上着を着用した場合, 具体的に測定値にどのような影響が及ぶかについても一定の見解が示されていない。厚手の袖の上からカフを加压すると上腕動脈を閉塞するのにより高い圧力が必要とされ, 収縮期血圧が高く測定される可能性があると思われる。また, 逆に, オシロメトリック法による自動血圧計ではカフ内圧の変動を検知して血圧が測定されるため, カフと上腕の間に袖が介在する場合, 徐々にカフ内圧を下げていく際に上腕動脈の拍動が検出されるのが遅れ, 収縮期血圧が低く測定される可能性も推測される。

血圧測定値に及ぼす着衣の影響に関し, Hollemanら¹⁰⁾は禁煙プログラム参加者を対象に左腕は袖なし, 右腕はシャツあるいはセーターを着用して同時に血圧を測定して比較しているが, 袖の存在により測定値に有意な影響は観察されていない。また, Kahanら¹¹⁾は一般クリニック受診者において, ランダムの順番に裸腕, 袖あり, 袖たくし上げでオシロメトリック法の自動血圧計による血圧測定を行っているが, やはり袖の存在, たくし上げにより有意な血圧測定値の違いは認められなかった。Lieblら¹²⁾は正常血圧および高血圧患者で聴診法とオシロメトリック法の自動血圧計で裸腕およびシャツとセーターを着用した上腕の血圧をランダムの順番で測定しているが, 袖による測定値への影響は有意ではなかった。そして, Maら¹³⁾は大学病院の外来患者を対象としてオシロメトリック法による自動血圧計を用い, 1回目は全例裸腕で測定した後2群に分け, 2回目の測定を1群は再び裸腕で, もう1群は厚手の袖で被われた上腕で

それぞれ2回ずつ血圧を測定して比較しているが, やはり袖の有無により両群の間に有意な血圧測定値の違いは示されていない。

これらの研究においては裸腕あるいは袖がある状態で測定を繰り返して血圧値を比較しているが, 血圧は時間とともに変動し, 我々の検討においても時間の経過とともに有意に血圧は低下する傾向が認められた。Hollemanらの研究においては左右同時に血圧を測定しているが, この場合, 両側上腕の血圧に左右差がある可能性や用いられた2台の血圧計の間に測定誤差がある可能性が考えられる。この点, 我々の検討では左右同時に血圧測定を繰り返すことにより, 血圧の左右差 (dA), 血圧計による測定値の違い (dM) および時間の経過に伴う血圧の変化 (dT) を算出して, その影響を除外した。結果として, 時間とともに血圧値は有意に低下するがdAやdMは有意なものではなかった。着衣の影響については, 一般的に想定されているように, 薄手のシャツの袖の介在により, オシロメトリック法の自動血圧計による測定値に有意な影響はなく, 家庭血圧の測定において許容されると考えられる。しかし, さらに上着を着用した場合には測定値の誤差は大きくなり, 全体として収縮期血圧は平均 -4.2 mmHgと有意に低く測定される結果となった。その機序としては, 前述したように, 上腕動脈とカフの間に厚手の袖が介在することにより, 減圧していく際に拍動によるカフ内圧の変化が検知されにくくなることが関係すると推測される。従って, 高血圧患者に家庭血圧を測定させる際にはジャケットやセーターなどの上着を着用しないように指導するべきであると考えられる。

結 論

上腕におけるオシロメトリック法による自動血圧計を用いた家庭血圧の測定において、シャツの着用による測定値への影響は小さいが、より厚手の上着を着用した場合には収縮期血圧が4-5 mmHg 低く測定されることが考えられる。

文 献

- 1) Satoh A, Arima H, Ohkubo T, et al : Associations of socioeconomic status with prevalence, awareness, treatment, and control of hypertension in a general Japanese population : NIPPON DATA2010. *J Hypertens* **35** : 401-408, 2017.
- 2) Ohkubo T, Imai Y, Tsuji I, et al : Home blood pressure measurement has a stronger predictive power for mortality than does screening blood pressure measurement : a population-based observation in Ohasama, Japan. *J Hypertens* **16** : 971-975, 1998.
- 3) Sega R, Facchetti R, Bombelli M, et al : Prognostic value of ambulatory and home blood pressures compared with office blood pressure in the general population : follow-up results from the Pressioni Arteriose Monitorate e Loro Associazioni (PAMELA) study. *Circulation* **111** : 1777-1783, 2005.
- 4) Shimada K, Kario K, Kushiro T, et al : Prognostic significance of on-treatment home and clinic blood pressure for predicting cardiovascular events in hypertensive patients in the HONEST study. *J Hypertens* **34** : 1520-1527, 2016.
- 5) 日本高血圧学会学術委員会家庭血圧部会 : 家庭血圧測定の指針 (第2版). ライフサイエンス出版, 東京, 2011.
- 6) Verdecchia P, Reboldi GP, Angeli F, et al : Short-and long-term incidence of stroke in white-coat hypertension. *Hypertension* **45** : 203-208, 2005.
- 7) Bobrie G, Chatellier G, Genes N, et al : Cardiovascular prognosis of "masked hypertension" detected by blood pressure self-measurement in elderly treated hypertensive patients. *JAMA* **291** : 1342-1349, 2004.
- 8) Sega R, Trocino G, Lanzarotti A, et al : Alterations of cardiac structure in patients with isolated office, ambulatory, or home hypertension : Data from the general population (Pressione Arteriose Monitorate E Loro Associazioni [PAMELA] Study). *Circulation* **104** : 1385-1392, 2001.
- 9) 日本高血圧学会高血圧治療ガイドライン作成委員会 : 高血圧治療ガイドライン 2019 (JSH2019). ライフサイエンス社, 東京, 2019.
- 10) Holleman DR Jr, Westman EC, McCrory DC, et al : The effect of sleeved arms on oscillometric blood pressure measurement. *J Gen Intern Med* **8** : 325-326, 1993.
- 11) Kahan E, Yaphe J, Knaani-Levinz H, et al : Comparison of blood pressure measurements on the bare arm, below a rolled-up sleeve, or over a sleeve. *Fam Pract* **20** : 730-732, 2003.
- 12) Liebl M, Holzgreve H, Schulz M, et al : The effect of clothes on sphygmomanometric and oscillometric blood pressure measurement. *Blood Press* **13** : 279-282, 2002.
- 13) Ma G, Sabin N, Dawes M : A comparison of blood pressure measurement over a sleeved arm versus a bare arm. *CMAJ* **178** : 585-589, 2008.

Effects of Sleeves on the Automated Blood Pressure Measurements in Normotensive Subjects and Hypertensive Patients

Tomonari Handa¹⁾, Jun Hatakenaka¹⁾, Yoshiro Tsutsumi¹⁾, Kenta Kohno¹⁾,
Hiroshi Satonaka²⁾, Toshihiko Ishimitsu²⁾

¹⁾ *Dokkyo Medical University School of Medicine, Mibu, Tochigi, Japan*

²⁾ *Department of Nephrology and Hypertension, Dokkyo Medical University, Mibu, Tochigi, Japan*

It has been demonstrated that home blood pressure is more predictive of the incidence of cardiovascular events than office blood pressure in general population and hypertensive patients. It seems generally accepted to measure blood pressure (BP) by automatic sphygmomanometer in the arm wearing shirt with thin sleeves, however, it is unknown how exactly the BP can be measured by automatic sphygmomanometer in arms wearing coat sleeves with various thickness. In this study, BPs were simultaneously measured in the bare right arm and the left arm wearing a shirt or a coat by two automatic sphygmomanometers of same model type, and the measured values were compared. The average difference in BP between the two arms was small (0.7/0.2 mmHg). However, there observed a significant reduction in BP with a lapse of time

(-4.2/-2.1 mmHg). The measured BP values by the two automatic sphygmomanometers were quite comparable and the average difference was negligible (0.3/-0.4 mmHg). Wearing a shirt did not significantly affect the measured BP values (-1.5/0.3 mmHg), however, the sleeves of coats produced the measured BP value difference of -4.2/1.3 mmHg in average and the difference in systolic BP was significant ($p=0.003$). It is concluded that, in the BP measurements using automatic sphygmomanometers, wearing a shirt does not significantly affect the measured BP values, however, wearing a coat significantly lowers the measured value of systolic BP.

Key Words : blood pressure, automatic sphygmomanometer, home blood pressure, hypertension