

心房細動の聴診法血圧測定の精度：
直接法との比較による検討

Assessment of Auscultatory Blood Pressure Measurements Versus Intra-arterial Pressure in Patients With Atrial Fibrillation

落合 久夫
三武 明夫
宮田 朋子
石上 友章
芦野 和博
住田 晋一
宮崎 直道
石井 當男

Hisao OCHIAI, MD
Akio MITAKE, MD
Tomoko MIYATA, MD
Tomoaki ISHIGAMI, MD
Kazuhiro ASHINO, MD
Shinichi SUMITA, MD
Naomichi MIYAZAKI, MD
Masao ISHII, MD, FJCC

Abstract

The accuracy of auscultatory blood pressure (BP) determination was assessed in patients with chronic atrial fibrillation by performing simultaneous auscultatory BP determination on the upper arm and a direct BP determination on the contralateral arm. The subjects were three hospitalized patients, aged from 52 to 75 years. A Teflon catheter was introduced into the radial artery which was connected to a pressure transducer, and a cuff was twisted around the contralateral upper arm in the supine position. Simultaneous recording of directly determined BP and cuff pressure enabled the comparison of direct BP with auscultatory BP. The appearance of the Korotkoff I sound (systolic BP) and V sound (diastolic BP) was marked on the cuff pressure curve. This maneuver was repeated five times in each patient. The method of Bland and Altman was employed to assess the agreement between auscultatory and direct determinations.

The auscultatory method estimated BP with differences of -14.3 to $+27.3$ mmHg in systolic BP and -12.1 to $+11.9$ mmHg ($\pm 2SD$) in diastolic BP compared with the direct method. The difference in systolic BP between the auscultatory and the direct methods was greater than that in diastolic BP. Thus, there are unacceptable differences in systolic BP between auscultatory and direct methods that can be attributed to BP fluctuations. The auscultatory method in diastolic BP is more accurate than that in systolic BP and may be more useful in the clinical setting.

Key Words

Atrial fibrillation, Blood pressure, Blood pressure determination (auscultatory and direct method)

はじめに

心房細動は高血圧症や心疾患に伴うことが多く、心機能を悪化し、脳梗塞の頻度を増加する¹⁾。高血圧症や心不全に対する降圧薬と血管拡張薬の有用性が証明

されており^{2,3)}、心房細動においても正確な血圧測定は重要である。

しかし、心房細動では心拍ごとに血圧が変動するため、1点で血圧を決定する聴診法では、測定誤差が大きくなる可能性が考えられる。洞調律における聴診法

横浜市立大学医学部 第二内科：〒236 横浜市金沢区福浦 3-9

The Second Department of Internal Medicine, Yokohama City University School of Medicine, Yokohama

Address for reprints : OCHIAI H, MD, The Second Department of Internal Medicine, Yokohama City University School of Medicine, Fukuura 3-9, Kanazawa-ku, Yokohama 236

Manuscript received November 13, 1996; revised February 6, 1997; accepted March 11, 1997

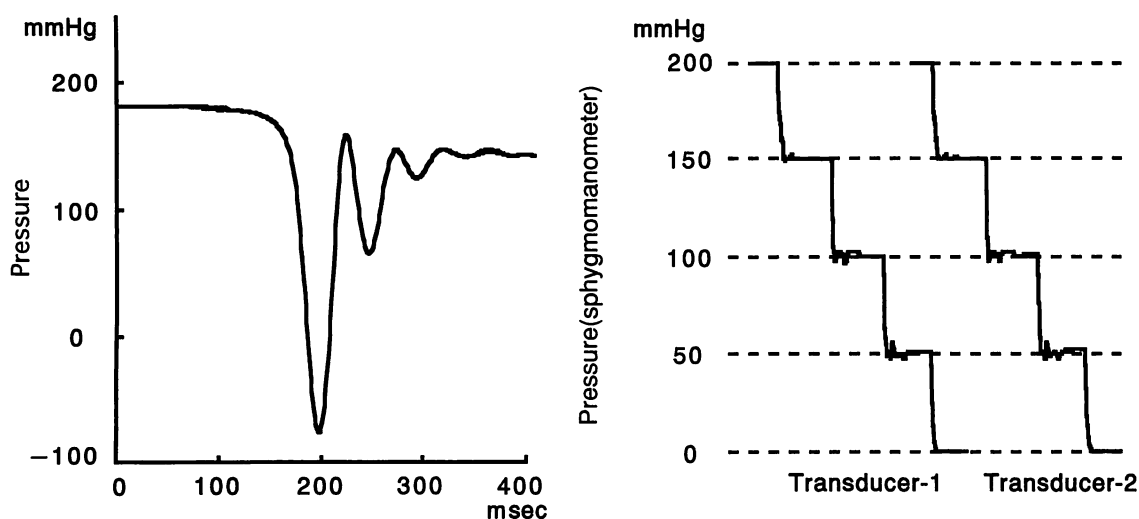


Fig. 1 The saline-filled catheter system achieved an adequate frequency response (left) and accuracy compared with a standard sphygmomanometer (right)

血圧測定の精度は詳細に検討されているが²⁴⁻³⁰⁾、心房細動における聴診法血圧測定の精度検定には、連続的な観血的血圧モニターが必要であり、これまでに報告がない。本研究では心房細動の聴診法血圧測定の精度を、同時に施行した直接法血圧との比較により検討した。

対象と方法

対象は診療目的に観血的血圧モニターを施行した慢性心房細動の入院患者3例である (Table 1)。測定は症状が改善し、血行動態が安定した後に施行した。

直接法血圧測定には橈骨動脈に挿入された抜去前の動脈圧モニターライン (21G Angiocath) を用いた。圧ラインには短い耐圧チューブを用いて、気泡を十分に取り除いた。Korotkoff I-V 音までの RR 間隔が短く動脈圧が変化しない心拍を除外した、全ての心拍の収縮期および拡張期血圧を平均して、直接法の収縮期および拡張期血圧とした。聴診法は対側上腕にカフを巻いて内圧を記録し、ダブルステートスコープを用いて、2名の医師が押しボタンで Korotkoff 音を全て入力した。入力されたマークの最初と消失時のカフ圧を聴診法の収縮期および拡張期血圧とした。

橈骨動脈圧とカフ圧の測定には、それぞれディスプレイ付圧モニターリングセット (DTX, Viggo-Spectramde Ltd, Singapore) を用いた。双方の圧トランスデューサー、橈骨動脈は右房の位置に固定した。圧は基準水銀血圧計と圧バッファーを用いて、コンピューター上で 0 と 200 mmHg で同時に較正し、更に

Table 1 Patient characteristics

	Case 1	Case 2	Case 3
Age (yr), sex	73, man	75, man	52, man
Diagnosis	AF, CHF	AF, CHF, MR	AF, VT
BP (mmHg)	103/58	113/63	114/72
HR (beat/min)	86	70	86
CTR (%)	59	51	51
Medication	Furocemide Digoxin ISDN	Furocemide Digoxin ISDN ACEI	None

AF=atrial fibrillation; CHF=congestive heart failure; MR=mitral regurgitation; VT=ventricular tachycardia; BP=blood pressure; HR=heart rate; CTR=cardiothoracic ratio; ISDN=isosorbide dinitrate; ACEI=angiotensin converting enzyme inhibitor.

精度検定を施行した。全てのデータはポリグラフ (Surgical Monitoring System CM-105G, VM-105G, 日本光電, 東京) でモニターし、更に A/D コンバーターを介してコンピューター (Macintosh LCIII, Apple Computer Ltd, USA) に取り込んだ。データの記録と解析にはデータ解析システム (MP100WS, Physio-Tech 製, 東京) を用いた。心電図、聴診法測定側の指先パルスオキシメーター、漸減するカフ圧、橈骨動脈圧、2名の医師が入力した Korotkoff 音のマークが、全て同時にコンピューターに表示されるように工夫した。

測定は 5 分間隔で、連続 5 回繰り返し、3 例の合計 15 回の測定値について検討した。聴診法血圧測定の精度は直接法との相関、および Bland と Altman の方法

による散布図により検討した⁹⁾。Fig. 1は動脈圧ラインのフラッシュテストと2つの圧トランスデューサーの精度検定を示す。動脈圧ライン特性は固有周波数21 Hz, 振幅比0.41, 減衰定数0.28で適度領域にあった¹⁰⁾。圧トランスデューサーは200-0 mmHgまで、基準水銀血圧計と良好な直線性を有することを予め確認した。計測された数値は平均±標準偏差で表示し、統計はpaired *t* 検定を用いて、*p*<0.05の場合に有意差ありとした。検査施行にあたっては患者に趣旨を説明し同意を得た。

結 果

Fig. 2に実際の測定例を示す。

症例1 73歳, 男性

収縮期動脈圧が1拍ごとに著明に変動し、カフ圧を強く overshoot した時点で Korotkoff 音が開始していた。一方、拡張期動脈圧は比較的一定しており、拡張期動脈圧とカフ圧がほぼ交差した時点で Korotkoff 音が終了していた。

症例2 75歳, 男性

収縮期動脈圧は著明に変動し、偶然にカフ圧を超えた時点で Korotkoff 音が開始し、指先パルスオキシメーターの開始とほぼ一致していた。拡張期動脈圧は比較的一定しており、聴診法はほぼ正確に測定していた。

症例3 52歳, 男性

聴診法の収縮期血圧は、偶然に生じた高い動脈圧にて記録されていた。症例1, 2に比較して心拍変動が大きく、拡張期動脈圧も変動していたが、収縮期血圧よりは変動幅が小さかった。

聴診法と直接法血圧測定値の相関係数は、それぞれ収縮期血圧 (*r*=0.64, *p*=0.01), 拡張期血圧 (*r*=0.56, *p*=0.03)であった。Fig. 3に聴診法と直接法測定値の差の分布を、BlandとAltmanの方法に従って示す。横軸は聴診法と直接法測定値の平均値を、縦軸は差を示す。収縮期血圧における差の分布は、2SDで-14.3から+27.3 mmHgと広く、直接法と聴診法収縮期血圧値に大きな隔たりを認めた。

拡張期血圧における聴診法と直接法測定値の差の分布は、2SDで-12.1から+11.9 mmHgと、収縮期血圧に比較すると小さく、臨床的にほぼ許容できる範囲であった。直接法と聴診法の血圧測定値を比較したと

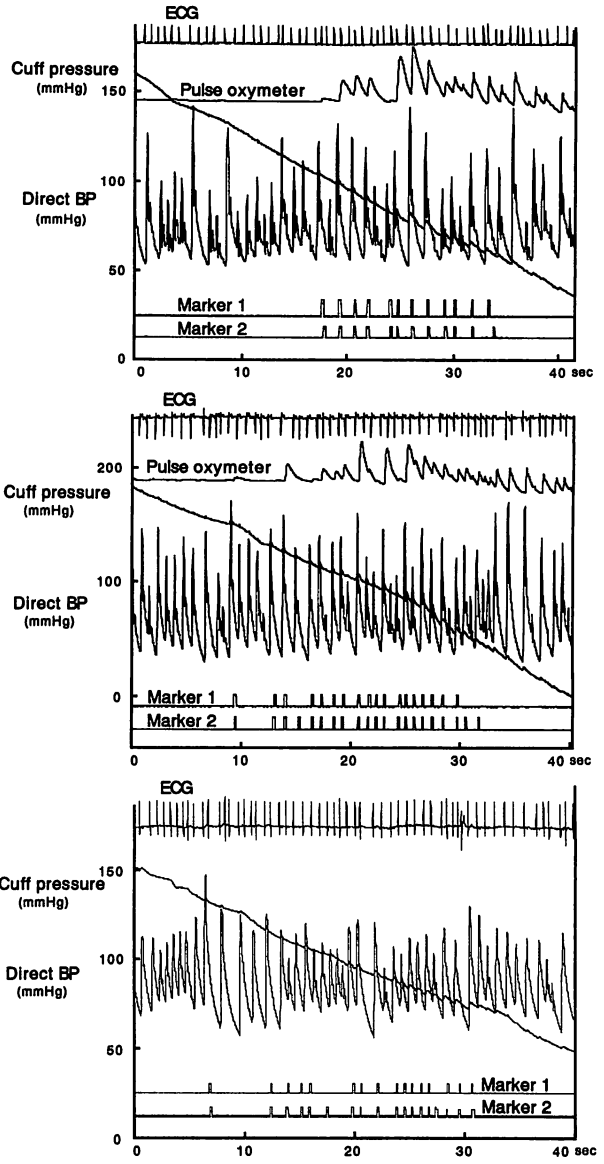


Fig. 2 Representative measurement tracings of case 1 (upper), case 2 (middle) and case 3 (lower).

The intraarterial blood pressures and cuff pressures were obtained simultaneously during deflation. The "Marker" indicates the audible Korotkoff sounds.

ECG=electrocardiography. Other abbreviation as in Table 1.

ころ、収縮期血圧は聴診法が有意に高く測定したが (*p*=0.03), 拡張期については有意な差を認めなかった (Fig. 4).

考 察

随時血圧測定の精度は、血圧変動が臨床的に無視できるほど小さいことが前提である。心房細動では心拍が絶対的に不整で、心拍ごとに血圧が変動する。しか

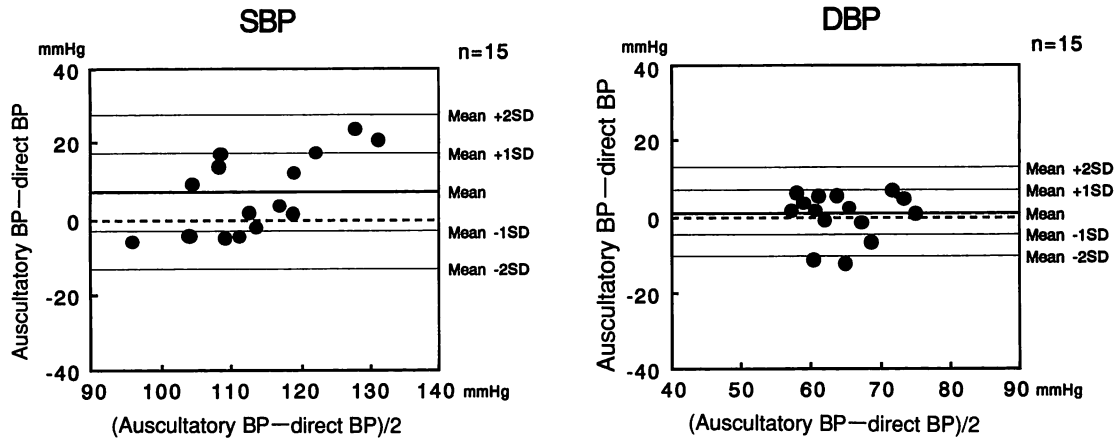


Fig. 3 Scatter plots showing the differences between blood pressures obtained using the direct and auscultatory methods. Dashed lines represent the limits of agreement. Baseline blood pressure was calculated by averaging values obtained by the two methods under comparison.

SBP=systolic blood pressure; DBP=diastolic blood pressure. Other abbreviation as in Table 1.

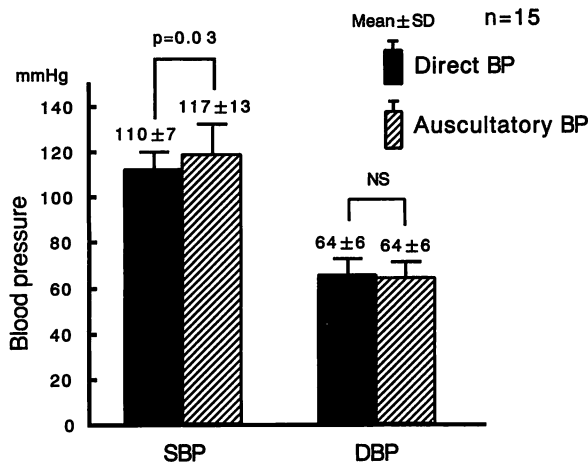


Fig. 4 Bar graphs showing direct and auscultatory blood pressures measured simultaneously

Abbreviations as in Table 1, Fig. 3.

し、臨床の場合では、心房細動についても通常の聴診法血圧測定が行われているのが実状である。American Heart Association (AHA) は聴診法血圧測定について詳細な勧告をしており¹¹⁾、心房細動では収縮期血圧は先行 RR 間隔に、拡張期血圧は後続 RR 間隔に依存して変動しており、聴診法血圧はあくまでも概算であるとしている。また、繰り返し測定し、I 音の平均を収縮期血圧、IV 音および V 音の平均を拡張期血圧とするとしているが、精度についての具体的な記載はない¹¹⁾。

AHA の心房細動の治療についての勧告では心拍数の制御、洞調律の維持、塞栓症の予防に重点が置かれ、慢性心房細動の血圧とその測定精度については触れら

れていない¹²⁾。心房細動はしばしば基礎心疾患を悪化させるとともに、単独でも慢性期には心機能を低下させる可能性がある。心機能低下に対するアンジオテンシン変換酵素阻害薬の有効性が確認されており、心房細動においても正確な血圧測定は重要である。血圧が絶えず変動する心房細動において、厳密には検定すべき収縮期血圧も拡張期血圧も存在せず、連続血圧測定の平均血圧だけが客観的に評価しうるにすぎない。

観血法血圧を聴診法血圧測定の gold standard としたが、圧ライン動的特性と気泡混入は、観血法血圧測定の精度に重大な影響を与える⁷⁾。今回は一般に普及しているディスプレイ圧トランスデューサーに、短い耐圧チューブを接続して使用したが、フラッシュテストでの圧ライン特性は比較的良好で、測定域での直線性も十分であった。動脈圧測定では橈骨動脈、圧トランスデューサー、キャリブレーションをする三方活栓の位置が問題になるが、水圧の影響を避けるために、全て右房の位置に固定した。カフ圧測定のラインは、キャリブレーションをする三方活栓まで空気が入っており、ライン特性が不良と考えられるが、カフ圧は約 3 mmHg/min 程度のゆっくりした速度で直線的に低下するため、動的特性の影響は少ないと考えられる。

2つの方法の測定結果を比較するにはしばしば相関係数が用いられるが、測定方法の精度検定には不十分である¹³⁾。新しい方法の精度検定として、Bland と Altman は gold standard の測定値との差の分布をみることを提唱した⁹⁾。2つの方法の平均を横軸にとり、差を

縦軸にとり、差の分布が臨床的に許容できる範囲ならば、新しい方法は gold standard の代わりに使用できる。British Hypertension Society (BHS) も Bland と Altman の方法による精度検定を推奨しており¹⁴⁾、今回の検討もこれに従った。

今回の検討で、心房内細動の聴診法収縮期血圧は長い RR 間隔の次の心拍で、収縮期動脈圧がカフ圧を大きく凌駕した点を捉えており、偶然の産物と考えられた。収縮期動脈圧は拡張期に比較して著明に変動しており、一定の傾向を持たず、不整の著しい心房内細動では、平均を取っても良い指標になりえない。カフ圧を更に緩徐に下げたり、頻回に測定して平均を取るなど、精度向上の努力をしても、心房内細動における聴診法収縮期血圧の臨床的意義は乏しいと思われる。

心房内細動の聴診法拡張期血圧については、収縮期血圧に比較すると精度が良好であった。拡張期動脈圧は RR 間隔の変動にかかわらず、収縮期動脈圧に比較して変動が少なかった。聴診法と直接法の差の分布は、2SD で -12.1 から +11.9 mmHg であり、臨床的に許容できる誤差が 10 mmHg 以内であることを考えると、血圧の参考値としては利用しうると考えられた。心房内細動においても拡張期動脈圧の変動が少ない要因としては、収縮期動脈圧が1回心拍出量の変動に大きく影響されるのに対して、拡張期は大動脈弁が閉鎖しており、大動脈の弾性と末梢血管抵抗に依存することが考えられる。

実験の限界として、心房内細動のために血圧左右差の検定が十分にできないことがある。正常洞調律での左

右差検定は、訓練された2名の医師が同時に左右の血圧を測定するか、1名の医師が左右交互に血圧を測定することが一般的である¹⁴⁾。心房内細動での血圧左右差の検定は我々が調べた範囲では過去に報告がなく、厳密には左右同時に連続的血圧測定が必要である。また直接法測定部位は橈骨動脈であったが、末梢ほど反射波の影響が大きいことから¹⁵⁾、上腕での聴診法血圧測定が gold standard として良いか否かという疑問がある。また対象に心不全の回復期が含まれていることも考慮する必要がある。現在利用できる非侵襲的な連続的血圧測定が、手指または橈骨動脈であり、観血法との精度検定が不十分な現在では、倫理的にも抜去前の橈骨動脈圧モニターを利用した検定が限界であると思われる。このように実験の限界が多数あることが、まさに心房内細動の血圧が重要であるにもかかわらず、聴診法血圧測定の精度検定を阻んできたものと考えられる。今後とも徐脈や頻脈の心房内細動を含めて、症例を増して検討する必要がある。

結 論

1. 慢性心房内細動の3例について、聴診法血圧測定の精度を直接法血圧との比較により検討した。
2. 直接法による収縮期血圧は著明に変動していた。聴診法収縮期血圧の測定値は、直接法血圧と解離が認められ、精度は不良であった。
3. 拡張期動脈圧は収縮期に比較して変動が少なく、聴診法拡張期血圧測定値は臨床的にほぼ許容できる範囲であった。

要 約

慢性心房内細動における聴診法血圧測定の精度を、聴診法と対側上肢での直接法血圧測定を同時に施行して検討した。対象は52-75歳の入院患者3例である。臥位にて橈骨動脈に21Gカテーテルを挿入し、圧トランスデューサーに接続して動脈圧を、反対側の上腕にカフを巻いて聴診法血圧を測定した。観血的血圧とカフ圧を同時に記録して比較できるように工夫した。押しボタンで入力された Korotkoff I 音と V 音のカフ圧を、それぞれ聴診法収縮期および拡張期血圧とした。測定は5回繰り返し、3例の計15測定値につき、Bland と Altman の散布図を用いて、聴診法と直接法血圧値を比較検討した。

直接法を基準にとると、聴診法血圧値は2SDで収縮期(-14.3 から +27.3 mmHg)、拡張期(-12.1 から +11.9 mmHg)に分布した。聴診法と直接法の差異は収縮期血圧において、拡張期血圧より大きかった。

以上より、心房内細動の収縮期血圧において、聴診法血圧測定は臨床的に受容できない誤差を有

し、これは動脈圧の変動に起因すると考えられた。拡張期血圧においては、聴診法の精度は十分とはいえないが、収縮期血圧に比較すると良好であり、臨床的にも有用性が高いことが示唆された。

J Cardiol 1997; 29: 331-336

文 献

- 1) Brand FN, Abbott RD, Kannel WB, Wolf PA : Characteristics and prognosis of lone atrial fibrillation : 30-year follow-up in the Framingham Study. *JAMA* 1985; **254** : 3449-3453
- 2) SHEP Cooperative Research Group : Prevention of stroke by antihypertensive drug treatment in older persons with isolated systolic hypertension : Final results of the Systolic Hypertension in the Elderly Program (SHEP). *JAMA* 1991; **265** : 3255-3264
- 3) The Consensus Trial Study Group : Effect of enalapril on mortality in severe congestive heart failure : Result of the Cooperative North Scandinavian Enalapril Survival Study (CONSENSUS). *N Engl J Med* 1987; **316** : 1426-1435
- 4) Raftery EB : Direct versus indirect measurement of blood pressure. *J Hypertens* 1991; **9** (Suppl 8) : S10-S12
- 5) Bailey RH, Bauer JH : A review of common errors in the indirect measurement of blood pressure. *Arch Intern Med* 1993; **153** : 2741-2748
- 6) van Bergen FH, Weatherhead DS, Treloar AE, Dobkin AB, Buckley JJ : Comparison of indirect and direct methods of measuring arterial blood pressure. *Circulation* 1954; **10** : 481-490
- 7) Rasmussen PH, Staats BA, Driscoll DJ, Beck KC, Bonekat HW, Wilcox WD : Direct and indirect blood pressure during exercise. *Chest* 1985; **87** : 743-748
- 8) Raftery EB, Ward AP : The indirect method of recording blood pressure. *Cardiovasc Res* 1968; **2** : 210-218
- 9) Bland JM, Altman DG : Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986; **I** : 307-310
- 10) Gardner RM : Direct blood pressure measurement : Dynamic response requirements. *Anesthesiology* 1981; **54** : 227-236
- 11) Frohlich ED, Grim C, Labarthe DR, Maxwell MH, Perloff D, Weidman WH : Recommendations for human blood pressure determination by sphygmomanometers. *Hypertension* 1988; **11** : 210A-222A
- 12) Prystowsky EN, Benson DW, Fuster V, Hart RG, Kay GN, Myerburg RG, Naccarelli GV, Wyse DG : Management of patients with atrial fibrillation. *Circulation* 1996; **93** : 1262-1277
- 13) Evans SJW, Mills P, Dawson J : The end of p value? *Br Heart J* 1988; **60** : 177-180
- 14) O'Brien E, Petre J, Littler W, Swiet M, Padfield PL, O'Malley K, Jamieson M, Altman D, Bland M, Atkins N : The British Hypertension Society protocol for the evaluation of automated and semi-automated blood pressure measuring devices with special reference to ambulatory systems. *J Hypertens* 1990; **8** : 607-619
- 15) 橋久保修 : 測定部位による血圧値の差. *in* 血圧測定法と臨床評価, 第1版. メディカルトリビューン, 東京, 1988; pp 121-129