

地域住民における IoT 技術を用いた家庭血圧管理研究 — 益田研究 —

神田 秀幸

岡山大学大学院医歯薬学総合研究科 公衆衛生学

キーワード：家庭血圧測定, IoT, 地域住民, 脳卒中予防

Study on blood pressure at home using Internet of Things among general residents : Masuda Study

Hideyuki Kanda

Department of Public Health, Okayama University Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences

はじめに

日本の成人において高血圧症は有病率が高い疾患のひとつである。高血圧症は脳血管疾患、虚血性心疾患等へとつながる危険因子であることから、その効果的な対応が求められる。血圧値は健診や医療機関での測定値より、家庭での測定値が人々の定常的な状態に近い。高血圧治療ガイドラインでは診察室血圧と家庭血圧の間に診断の差がある場合には、家庭血圧による診断を優先することになっている¹⁾。これまで地域住民における家庭血圧値の把握は、高血圧手帳など自己記録によるところがほとんどであった。

近年 Internet of Things (以下 IoT) の技術を用いて測定値自動送信機能が搭載された家庭血圧計が市販されており、自己記録が不要となってきた²⁾。これまでに、測定値自動送信技術を活用して長期にわたる家庭血圧管理状況と血圧変動要因を評価している観察研究は見当たらない。そこで、この家庭血圧計を用いて、家庭での血圧測定値を即時に研究用データサーバに送

信し測定値データの長期間にわたる継続的収集および関連要因の解析を行う研究を、我々は2018年島根県益田市でスタートさせた。この技術を用いて地域住民における家庭血圧管理状況を長期的に把握するとともに、血圧変動に関連する要因のデータの取得・解析を行うことで、将来的な遠隔による家庭血圧管理および指導の実現、次世代ヘルスケア開発に資することを目的としている (図1)。

研究立ち上げの経緯

研究フィールドとしている島根県益田市は島根県西部、山口県県境に位置し、人口5万人弱、高齢化率35%を超え、2030年にわが国が直面する超高齢社会が既に顕在化している地方都市である。地形的に、同市南部は中国山地1000m級の山々が連なり、人口移動の少ない地域である。そこで、課題先進地である益田市は、人口減少に対応できる、つまり人手に頼らない形としてIoTを活用したまちづくりのテストベッド(実証地)として名乗りを挙げた。益田市長を始めとして官民挙げてのスマートシティ事業が2015年10月より始まった。

この事業のヘルスケア部門であるスマート・ヘルスケア推進事業として、2018年より地域住民における

令和2年5月7日受理

〒700-8558 岡山市北区鹿田町2-5-1

電話：086-235-7184 FAX：086-226-0715

E-mail：hkanda@okayama-u.ac.jp

— ◆ プロフィール ◆ —



平成9年 島根医科大学医学部卒業
 平成13年 国立公衆衛生院専門課程修了
 平成17年 滋賀医科大学大学院医学系研究科修了
 平成17年 福島県立医科大学 衛生学講座 助手
 平成18年 米国ジョンス・ホプキンス大学 公衆衛生学部 客員研究員
 平成19年 福島県立医科大学医学部 衛生学・予防医学講座 講師
 平成24年 横浜市立大学医学部 社会予防医学教室 講師
 平成26年 島根大学医学部 環境保健医学講座 教授
 令和元年 岡山大学大学院医歯薬学総合研究科 公衆衛生学 教授
 現在に至る

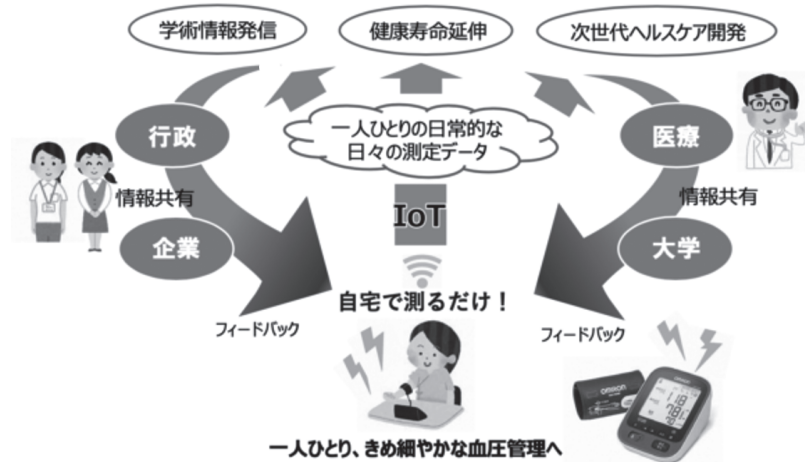


図1 益田研究の構想

IoT 技術を用いた家庭血圧管理研究（通称，益田研究）を，大学が主導し市・地元医師会・企業が協働する形でスタートした。同年，この研究の現地での窓口となる一般社団法人益田ヘルスケア推進協会（以下，社団）が発足し，同研究実務および事業展開の中心的役割を担っている。同市内の医療は，一次医療を同市医師会所属の地域の診療所が，二次医療を益田地域医療センター医師会病院が，三次医療は益田赤十字病院が担当しており，地域完結型の医療が展開されている。人口移動の少ない地域であり，ほとんどの市民の診療情報はこの地域の医療機関で把握することが可能である。研究のスタートにあたり医師会の全面的な協力が得られ，円滑な体制構築ができた。

また，研究開始時点で，益田圏域は脳血管疾患に関する指標について島根県平均と比べ，初発率で1.46倍，初発と再発を合わせた発症率で1.20倍と高く³⁾，脳血管疾患予防が地域として課題であった。脳血管疾患が多い背景には，コントロール不良な高血圧症の関与が強く想定され，家庭血圧測定により市民の血圧に対する意識づけの向上と高血圧症の早期発見・早期治療につなげる狙いを持った。

このように，市長を始め行政の理解，同市内の医療機関の協力，人口の移動が少ない地域であること，脳血管疾患の予防が地域の課題であったことは，背景として特筆すべき点であった。

研究の内容

島根県益田市内の一般住民または勤務者で20歳以上75歳未満の者のうち，研究の説明を受け研究参加の同

意が得られた者を対象とした。対象者は，測定値自動送信機能が搭載された家庭血圧計を無償貸与され家庭血圧の測定を行う。加えて，対象者は生活基礎質問票や健診データを提出する。さらに，希望者は尿中ナトリウム・カリウム比や活動量の計測，尿検査，栄養調査などを行う（図2）。これらにより，家庭血圧値およびその変動と関連する要因について検討を行う。研究期間は2018年9月から2024年9月までをリクルート期間とし，研究参加者を募っている。

家庭血圧測定は，自動血圧計（HEM-9700T）を用いた。家庭血圧計測は，原則として毎日，座位にて起床排尿後および就寝前，各2回行うこととした。研究に用いた血圧計は計測値，計測時刻，脈拍数，測定環境室温の自動転送機能を持ち，計測後即時にデータセンターへ送信された値を用いた。本研究では，収縮期及び拡張期の血圧値・脈拍数・測定環境室温と，計測の実施／継続状況の評価する。家庭血圧結果は，社団が毎月1回，直近1ヶ月の結果をまとめて対象者各自へ返却する。また対象者にはIDとパスワードを発行し，Web上で随時結果を確認できるようなシステムも2019年5月より導入した。家庭血圧計測期間は少なくとも6ヶ月以上実施することを原則としている。その後もできるだけ家庭血圧計測を継続するよう，定期的な社団通信の発行などフォローアップの働きかけを行っている。希望者には，就寝中の血圧測定も可能とした。就寝中血圧は血圧計カフを上腕に巻いて就寝するのみで自動的に測定（午前2，3時および就寝4時間後の計3回／日測定）される設定とした。生活基礎質問票は，性別年齢等の基本属性，労働状況（職位・業

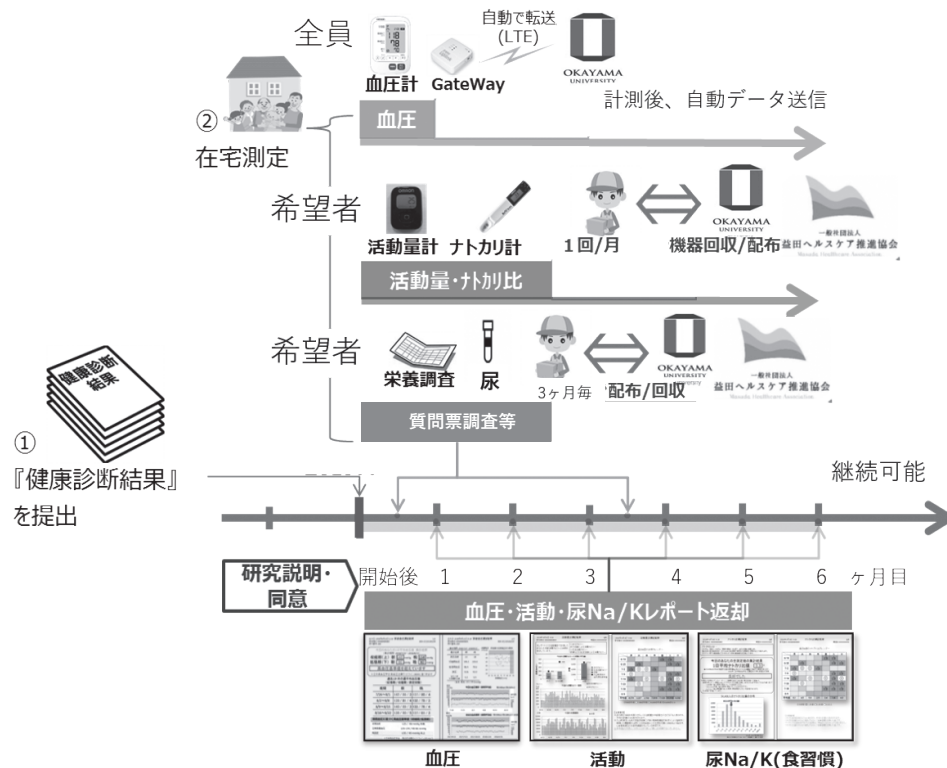


図2 益田研究の流れ

種・業態など)、睡眠の状況、喫煙・飲酒の状況、身体活動の状況、医療機関受診状況や服薬内容などを尋ねている。生活基礎質問票は少なくとも年2回実施する。健診データは対象者各自が受診された結果票を年1回提出することとなっている。

活動量の計測は、活動量計 (Activestyle PRO HJA-750C) を無償貸与し、毎日日中腰部に装着して計測する。計測値は活動量計本体に保存されるため、活動量計を毎月1回社団で回収し、データの抽出および機器のメンテナンスを行う。社団でのメンテナンス等の終了後は、速やかに対象者へ返却する。

尿中ナトリウム・カリウム比の計測は、尿中ナトリウム・カリウム比計測計 (HEU-001F, 以下、ナトリウム・カリウム計) を用いて行う。毎朝1回、採尿した尿にナトリウム・カリウム計のセンサー部分を入れて、ナトリウムおよびカリウムの膜透過性を利用して、簡易的に尿中ナトリウム・カリウム比の自動計測が可能である。活動量計と同様、計測値はそのナトリウム・カリウム計本体にデータが保存される。そこで、ナトリウム・カリウム計も、活動量計同様、毎月1回社団で回収し、データの抽出と機器のメンテナンスを行い、その後は速やかに返却を行う。

上記の血圧測定および活動量、尿中ナトリウム・カ

リウム比の測定は毎日計測が理想的であるが必須とするものではなく、研究対象者の生活スタイルに合わせて実施できる範囲での計測となっても許容することとしている。

また、尿検査は、希望者は尿検体約10mLを社団に提出し、医療機関にて精度の高い検査を行い、早期腎障害のマーカーである尿中アルブミン・クレアチニン比を算出する。

栄養調査は、量頻度法である簡易型自記式食事歴法質問票 (brief-type self-administered diet history questionnaire: BDHQ) を希望者に少なくとも年2回行う。BDHQは、成人に対する栄養調査で、専用の栄養価計算プログラムによっておよそ30種類の栄養素とおよそ50種類の食品の摂取量を算出できる⁴⁾。これにより、対象者ごとの個人結果が計算され、個人の食事指導に用いるとともに、対象者集団の栄養状態の評価にも利用できる。

本研究は島根大学医の倫理委員会 (承認番号3273, 同3777) および岡山大学倫理審査委員会 (承認番号2002-042) の承認を受けて実施している。

これまでに得られた研究成果

1. 益田研究への参加者数

当研究には、2018年9月の開始時に市内4事業所の協力を得てスタートした。徐々に参加事業所が増え、また2019年10月からは益田市在住の一般市民に拡大して、参加者を募っている。2020年3月末時点で、当研究への参加者は通算516人となった。

2. 家庭血圧値の推移

2018年10月から2019年9月において、対象者個人の測定回数が月5回以上を有効な測定月とし、一人当たりの平均測定回数は25回／月であった。対象者集団における収縮期血圧（以下SBP）および拡張期血圧（以下DBP）の平均値は、秋から冬にかけて上昇し、1月をピークとしながら3月まで血圧が比較的高い状態が維持され、その後夏にかけて低下し、7月には最も低い状態となった（図3）。SBPおよびDBPの年間変動（最高－最低値差）の平均と標準偏差は、SBP 9.0 ± 6.3 mmHg、DBP 4.8 ± 3.3 mmHg であった。

3. 家庭血圧値の変動と測定環境室温の関連

2018年10月から2019年2月の5か月間（秋から冬）の測定期間中、家庭血圧値と測定環境室温には逆の関連がみられた。測定環境室温の30日間の平均移動曲線と7日間の同曲線の低下が交差する点、つまり今後気温が低下する方向へ向かうと予想される転機は、秋から冬の5か月間に5日（日付：11/12、12/8、12/27、

1/27、2/12）みられた。一方、家庭におけるSBP値の30日間の平均移動曲線と7日間の同曲線の上昇が交差する点、つまり今後SBPが上昇する方向へ向かうと予想される転機は、秋から冬の5か月間に4日（日付：11/16、12/8、12/29、2/12）みられた。この日付を比較すると、環境室温低下の転機のサインが出た後、同日から4日のうちに、家庭血圧値が上昇することが明らかとなった（図4）。一般住民の血圧変動は、急な測定環境室温低下の影響を大きく受ける可能性が考えられた。この結果から、日々の気温変動に留意し、気温低下の大きい同日から4日以内には血圧上昇に特に注意することが必要であると思われた。

研究の意義

当研究の意義のひとつとして、一般住民においてIoT技術を用いた家庭血圧計測により、計測者には測定値の転記などの負担が少なく、また家庭での計測による定常的な状態に近く、かつ頻回に計測できることから、計測者の血圧状態をより正確に把握できることである。家庭血圧状況を長期にわたり継続的に取り組む研究は世界的にも見当たらない。

また地域住民を対象とすることにより、家庭血圧管理不良要因の解明を行うことで、血圧上昇の予知・早期発見や早い段階での高血圧症予防策を提示することにつながる。本研究結果から、秋から冬の5か月間のうち5日程度しか表れない気温低下の大きい日を見つけ出すことで、その日の同日から4日以内は特に降圧剤の服用を忘れないように行う、衣類を1枚増やすなど、血圧上昇に対する予防的注意喚起を行うことができる可能性が考えられた。今後データを継続して蓄積することによって、天気予報に、現在熱中症や花粉症の注意報があるように、将来気温低下のみられる時期に“高血圧注意報”として健康管理の啓発に応用される期待が持たれた。

さらに、尿中ナトリウム・カリウム比や活動量の計測など、個人の要因を多彩に検討しており、血圧値のみならず血圧変動に影響を与える新たな要因の解明につながる可能性を含んでいる。

家庭血圧研究に関する先行研究と相違点

大迫研究は、1986年に開始された、岩手県大迫町（現：花巻市大迫町）の40歳以上の一般住民約2,000人を対象とした家庭血圧と高血圧・循環器疾患に関する

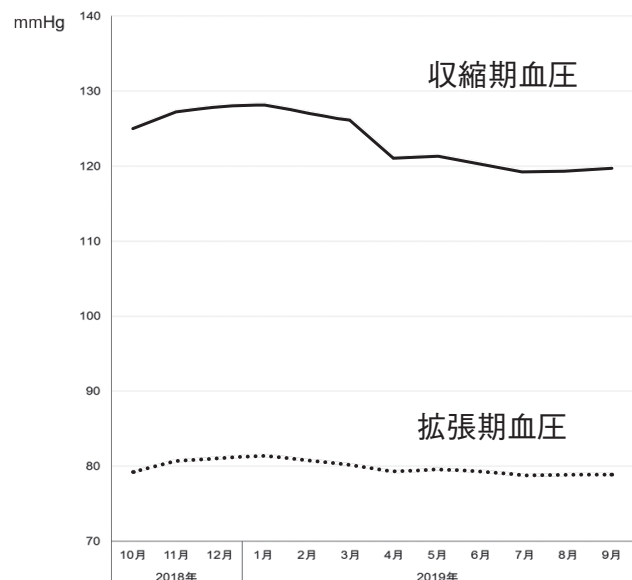
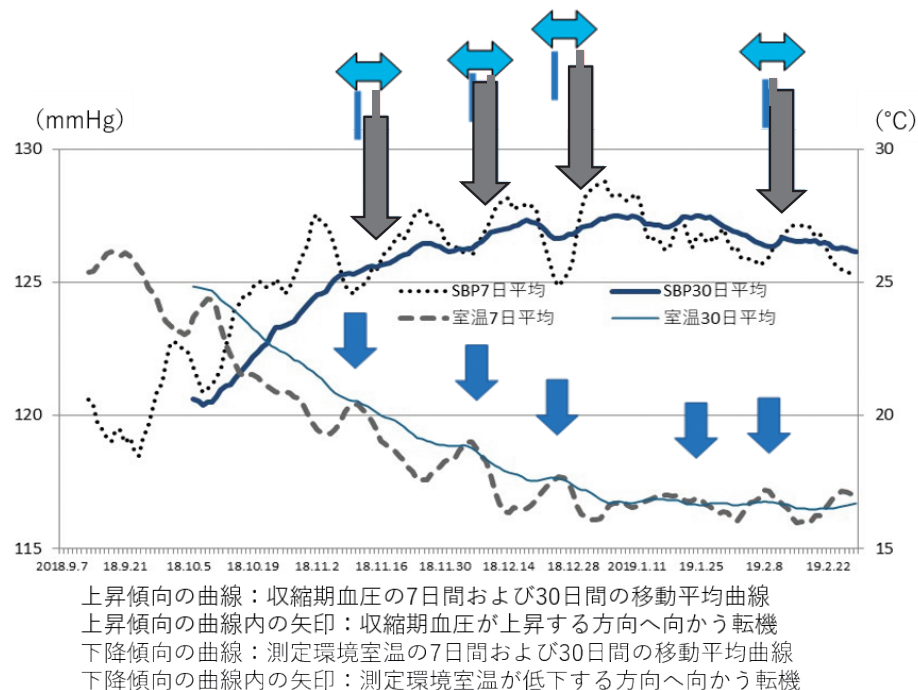


図3 参加者集団の収縮期血圧および拡張期血圧平均値の月次推移



測定環境室温の低下の転機は、収縮期血圧の上昇の転機より先立つ、もしくは同日に生じる。

図4 測定環境室温と収縮期血圧の推移（2018年9月～2019年2月）

長期前向きコホート研究である⁵⁾。家庭血圧値と健診時血圧値の比較では、家庭血圧値は脳血管疾患の発症および脳心血管死亡に対し格段に高い予測能をもつことが明らかとなった⁶⁾。家庭血圧と脳心血管死亡との関係から、有意に死亡リスクの上昇するレベルを高血圧、最も低いレベルを正常血圧とする基準値が作成された。血圧管理に関する根拠にもとづく予後に基づいた唯一の基準値として確立され、WHO/ISH 高血圧ガイドライン⁷⁾、わが国や欧州の高血圧ガイドライン^{1,8)}において、家庭血圧の臨床的意義に関する記述として採用された。大迫研究の家庭血圧計測は、毎年5月に平均3週間程度の計測で、早朝起床後1時間以内毎朝一回である事が、益田研究との相違点である。

PAMELA 研究（Pressioni Arteriose Monitorate E Loro Associazione Study）は、1990年から実施されたイタリア・モンツァ市の25～74歳の一般住民3,200人を対象として、家庭血圧や24時間血圧と臓器障害の関係を調査するコホート研究である⁹⁾。これまでに家庭血圧や24時間血圧の予後予測能の評価がなされている。時々起こる白衣高血圧は正常血圧にくらべ心血管疾患・全死亡リスクが有意に高いが、常に生じる白衣高血圧のリスクは正常血圧と同等であったことを報告

している。PAMELA 研究は、家庭血圧は短期間のベースライン時の計測結果を用いており、長期計測継続を検討した研究ではない。

Belgian population 研究は、ベルギー国内で行われた、約1,000人を対象として、家庭血圧および自由行動下の血圧測定を検討した研究である¹⁰⁾。日中の計測値と比較し、家庭血圧は自由行動下血圧と比べ、正常血圧者ではSBP 3.5/DBP 1.5mmHg 低いが、高血圧を有する者ではSBP 11.6/DBP 4.5mmHg 高かった。この研究参加者はその後前向きに調査がフォローされている。この研究の対象者は無作為抽出されているが、半数が地域のクリニックを受診している者であり、対象者にselection biasが含まれている可能性がある。また、他研究同様、継続的に家庭血圧計測を行った研究ではない。

益田研究は、一般住民を対象とした家庭血圧計測を長期的、継続的に行う研究として、これまでに世界で見当たらない取組みである。前述の先行研究のような研究と比較できるためには、新規参加者の獲得と家庭血圧計測の継続が課題である。

今後の展開や展望

益田研究では、IoT 技術を用いた家庭血圧測定とともに住民の背景が詳細に調べられている。尿中ナトリウム・カリウム比、活動量、尿検査、栄養調査などの生理学的・生化学的・代謝的な検討を行っている。本研究から得られる知見は、多彩な検討を加えることができ、予防医学的に新規性をもたらすことが考えられる。

引き続き、地域一般住民の家庭血圧測定者のリクルートとフォローアップを行っていき、通算の参加者数を増やし、計測の継続・脱落防止を働きかけていく予定である。

さらに、将来的にはこのデータベースを元にした前向き観察研究への展開を予定している。対象は益田研究データベースに登録された地域住民とし、主評価項目としては脳血管疾患・心血管疾患の死亡や発症、副評価項目としては住民の高血圧受療率や医療費、介護保険費用などを評価していきたいと考えている。

益田研究は、長期に研究が進行するに従い、家庭血圧測定者の多くから情報が蓄積されていき、将来ビッグデータとなり得る。本研究のデータの活用により、高血圧の予防や高血圧診療に貢献する可能性を有している。今後見出される研究成果を通して、高血圧予防に対する効果的な展開が期待される。本研究結果にもとづいて、地域の脳血管疾患・心血管疾患が減少し、医療費や介護保険費用が抑制され、住民や自治体全体の健康リテラシーの向上につながる将来的展望が見込まれる。

謝 辞

研究を進めるにあたりご協力頂いた、山本浩章市長を始め益田市、神崎裕士会長及び松本祐二副会長を始め益田市医師会、水津昌子理事長を代表とする益田ヘルスケア推進協会、島根県立大学看護栄養学部 中畑典子先生、島根大学医学部環境保健医学講座 谷口かおり先生、岡山大学大学院医歯薬学総合研究科公衆衛生学分野 久松隆史先生、同 福田茉莉先生ら関係各位に感謝申し上げます。

なお本研究は、オムロンヘルスケア株式会社との共同研究として実施している。

文 献

- 1) 日本高血圧学会高血圧治療ガイドライン作成委員会：血圧測定と臨床評価，日本高血圧学会高血圧治療ガイドライン作成委員会編，日本高血圧学会，東京（2019）pp13-27.
- 2) Kuwabara M, Harada K, Hishiki Y, Kario K : Validation of an automatic device for the self-measurement of blood pressure in sitting and supine positions according to the ANSI/AAMI/ISO81060-2 : 2013 guidelines : the Omron HEM-9700T. Blood Press Monit (2019) 24, 146-150.
- 3) 益田圏域健康長寿しまね推進会議：圏域住民の健康状況，益田圏域健康長寿しまね推進計画【平成25年～平成34年計画】，益田圏域健康長寿しまね推進会議編，益田保健所，益田（2013）pp9-17.
- 4) Kobayashi S, Murakami K, Sasaki S, Okubo H, Hirota N, et al. : Comparison of relative validity of food group intakes estimated by comprehensive and brief-type self-administered diet history questionnaires against 16 d dietary records in Japanese adults. Public Health Nutr (2011) 14, 1200-1211.
- 5) Sakuma M, Imai Y, Tsuji I, Nagai K, Ohkubo T, et al. : Predictive value of home blood pressure measurement in relation to stroke morbidity : a population-based pilot study in Ohasama, Japan. Hypertens Res (1997) 20, 167-174.
- 6) Sakuma M, Imai Y, Tsuji I, Nagai K, Ohkubo T, et al. : Predictive value of home blood pressure measurement in relation to stroke morbidity : a population-based pilot study in Ohasama, Japan. Hypertens Res (1997) 20, 167-174.
- 7) Guidelines Subcommittee : 1999 World Health Organization - International Society of Hypertension Guidelines for the Management of Hypertension. J Hypertens (1999) 17, 151-183.
- 8) European Society of Hypertension - European Society of Cardiology Guidelines Committee : 2003 European Society of Hypertension-European Society of Cardiology guidelines for the management of arterial hypertension. J Hypertens (2003) 21, 1011-1053.
- 9) Guido G, Michele B, Roberto S, Fosca QT, Giovanni C, et al. : The PAMELA (Pressioni Arteriose Monitorate E Loro Associazioni) Study. High Blood Press Cardiovasc Prev (2007) 14, 83-88.
- 10) Staessen JA, Bieniaszewski L, O'Brien ET, Imai Y, Fagard R : An epidemiological approach to ambulatory blood pressure monitoring : the Belgian Population Study. Blood Press Monit (1996) 1, 13-26.