血圧降下剤投与前後の長時間血圧値変動の解析法

正員 西村 敏 博 (大分大学)
正員 江口 哲 治 (大分工業高等学校)
正員 井上 猛 (大分高等技術専門校)
正員 湯ノ口 万 友 (鹿児島大学)
正員 斎藤 正 男 (東京電機大学)

An Analysis Method of a Long Term Blood Pressure Fluctuation
before and after Drug Administration.

Toshihiro Nishimura, Member (Oita University)
Tetsuji Eguchi, Member (Oita Technical High School)
Takeshi Inoue, Member (Oita Institute of High School)
Kazutomo Yunokuchi, Member (Kagoshima University)
Masao Saito, Member (Tokyo Denki University)

Medical treatments for hypertension have made to avoid myocardial infarction and cerebral hemorrhage. Over-dosage is dangerous. It causes the reduction of blood pressure during sleep. It is important to presume the variation of blood pressure after drug administration from the fluctuation of blood pressure before drug administration to prevent a secondary reaction and to improve the quality of life. In this paper, a 24-hour mean blood pressure in 12 essential hypertensive subjects was measured. Power spectrum and phase spectrum in mean blood pressure time series are obtained by a FFT. Power spectrum and phase spectrum were discussed before and after drug administration. According to the relationships of power spectrum and phase spectrum before and after drug administration, mean blood pressure time series after drug administration would be presumed.

キーワード：24時間平均血圧変動時系列，日内変動，フーリエ変換，パワースペクトル，位相スペクトル

1. はじめに

高血圧治療は心筋梗塞や脳出血の発生を予防するために重要である。非薬物療法による治療は高血圧になってしまった患者に対して限界があり、薬物療法が行われる。血圧降下剤を用いた高血圧の治療の評価は数回の血圧測定によって行われてきた。

近年携帯型長時間血圧計が普及し始め、血圧の24時間単位での計測が可能になり、高血圧の治療前後で日単位の血圧の計測が行われている。血圧を長時間計測し高血圧の治療に用いる利点は3つあるとされている⁽¹⁾。第一に、投薬のタイミングを考慮することができる⁽²⁾。第二に、過剰な血圧降下剤の投与を避け薬剤を有効に投与できる。第三に、血圧降下剤の副作用を減少できる。

高血圧を治療する場合、血圧降下剤の投与量は医師の経験によるところが大きい^{(3)~(5)}。血圧は日中活動時に高く、夜間睡眠時に低くなる日内変動することが知られてい

る⁽⁶⁾。また脳梗塞の発症は睡眠時に多いと報告されている^{(7)・(8)}。最近、血圧日内変動の正常域に関する報告^{(9)・(10)}が多くなされている。しかしながら、血圧降下剤投与後の血圧変動そのものをあらかじめ知るための試みはなされていない。血圧降下剤投与前に血圧降下剤投与後の血圧変動を知ることが、過剰な血圧の低下等の副作用を防ぎ、生活の質(Quality of Life)を向上させる上で重要である⁽¹¹⁾。

本研究は血圧降下剤投与前の24時間平均血圧変動時系列、および血圧降下剤投与後の24時間平均血圧変動時系列を解析し、血圧降下剤投与後の24時間平均血圧変動時系列を推定することを目的としている。24時間平均血圧変動時系列として、カルシウム拮抗薬投与前後の12例の本態性高血圧症患者のデータを用いた。血圧降下剤投与後のデータにはカルシウム拮抗薬投与後2週間経過したデータを用いた。血圧は日内変動するので、血圧降下剤投与後の血圧値を推定するために、24時間の中に存在する幾つ

かの周期成分に分けて血圧降下剤投与前後の血圧値を把握する。血圧降下剤投与前後における24時間平均血圧変動時系列の変化を知るために、本態性高血圧症患者ごとの血圧降下剤投与前後の24時間平均血圧変動時系列をフーリエ変換してパワースペクトルと位相スペクトルを求める。血圧降下剤投与前のパワースペクトルと位相スペクトルおよび血圧降下剤投与後のパワースペクトルと位相スペクトルの変化の相関係数を求め、両者の相関関係が有意であるかどうかを検討する。

その結果、血圧降下剤投与前のパワースペクトルと位相スペクトルおよび血圧降下剤投与後のパワースペクトルと位相スペクトルの変化の相関関係が有意であることがわかった。血圧降下剤投与後のパワースペクトルおよび位相スペクトルを推定するために、血圧降下剤投与前後のパワースペクトルおよび位相スペクトルの関係づけを各周期成分ごとに回帰直線を用いて行った⁽¹⁾⁽²⁾。血圧降下剤投与後の24時間平均血圧変動時系列を推定するために、回帰直線を用いて、各周期成分の血圧降下剤投与後のパワースペクトルおよび位相スペクトルを推定し、フーリエ逆変換を行い、血圧降下剤投与後の24時間平均血圧変動時系列を推定した。その結果、24時間中73[%]の区間で、推定値と実測値の誤差が±10[mmHg]以内であった。

2. 血圧降下剤投与後の24時間平均血圧変動時系列の解析法

<2-1>血圧降下剤投与による血圧変動のモデル 医学治療上の経験的観点から、軽度の本態性高血圧症患者にカルシウム拮抗薬を投与した場合は血圧降下の仕方が少なく、それに対して、重度の本態性高血圧症患者になればなるほど、血圧降下の仕方が大きくなっていく。また、本態性高血圧症患者の重症度に対する血圧降下の変化が線形的に変化するという事実に基づき、血圧降下剤投与前の血圧変動時系列と投薬後の血圧変動時系列の間に線形的関係が成立すると考える。そこで、血圧降下剤投与後の24時間平均血圧変動時系列を推定するために、血圧降下剤投与前の24時間平均血圧変動時系列を入力、血圧降下剤投与後の24時間平均血圧変動時系列を出力とする線形の血圧降下剤投与による血圧変動のモデルを構築する。

図1に血圧降下剤投与による線形血圧変動モデルを示す。 $x(t)$ は血圧降下剤投与前の24時間平均血圧変動時系列、 $y(t)$ は血圧降下剤投与後の24時間平均血圧変動時系列である。また、 $H(\omega)$ は血圧調節のシステム関数である。 $H(\omega)$ が測定されたデータから同定できれば、血圧降下剤投与後の24時間平均血圧変動時系列が推定可能である。 $x(t)$ および $y(t)$ のフーリエ変換をそれぞれ $X(\omega)$ 、 $Y(\omega)$ とする。 $H(\omega)$ は、

図1 血圧降下剤投与による線形血圧変動モデル
Fig.1. A linear model of blood pressure fluctuation by drug administration.

図2 24時間平均血圧変動時系列
Fig.2. A discrete-time sequence of 24-hour mean blood pressure fluctuation.

$$H(\omega) = \frac{Y(\omega)}{X(\omega)} \dots \dots \dots (1)$$

と表すことができる。したがって $X(\omega)$ 、 $Y(\omega)$ から $H(\omega)$ の同定が可能である。

本研究では $X(\omega)$ 、 $Y(\omega)$ を得るためにフーリエ変換を用いる。血圧降下剤を投与する場合、血圧降下剤の作用には個人差がある。血圧調節のシステム関数は個人差があるため、個人差をなくするような解析方法で $H(\omega)$ を同定する必要がある。そこで、個人差をなくす意味で血圧降下剤投与による血圧変動のみを知るために、血圧降下剤投与前のパワースペクトルおよび位相スペクトルと血圧降下剤投与後のパワースペクトルおよび位相スペクトルの変化を検討し、 $H(\omega)$ の同定を行う。

<2-2>高速フーリエ変換を用いた24時間平均血圧変動時系列の周期成分の解析 図2に24時間平均血圧変動時系列を示す。平均血圧値の計測は30分間隔で行った。24時間平均血圧変動時系列は測定できなかった平均血圧値があるため不等間隔の時系列になる。高速フーリエ変換を用いて周期解析する場合、等間隔の時系列でなければならない。したがって24時間平均血圧変動時系列を直線補間した。また、高速フーリエ変換を用いて周期解析する場合、データ数が 2^N 個でなければならないので、データ数が 2^N 個となるようにリサンプリングも同時に行った。24時間平均血圧変動時系列と直線補間およびリサンプリングされた24時間平均血圧変動時系列の誤差の総和および誤差の標準偏差を検討する。図3に24時間平均血圧変動時系列 $MBP(i)$ (サンプリング間隔30分)と直線補

図3 直線補間およびリサンプリングの方法
 Fig.3. A method of linear interpolation and resampling.

間およびリサンプリングされた24時間平均血圧変動時系列 $MBP'(i)$ を示す。直線補間およびリサンプリングされた24時間平均血圧変動時系列は24時間平均血圧変動時系列と同じ時間軸のデータとならないので、直線補間およびリサンプリングされた24時間平均血圧変動時系列をさらに直線補間し、24時間平均血圧変動時系列と同じ時間軸のデータとなるようにして誤差の総和および誤差の標準偏差を検討した。

24時間平均血圧変動時系列と直線補間およびリサンプリングされた24時間平均血圧変動時系列の誤差の総和および誤差の標準偏差を図4に示す。誤差の総和 S_e および誤差の標準偏差 D は次の式のように算出した。

$$S_e = \sum_{i=1}^N |E(i)| \dots \dots \dots (2)$$

$$D = \sqrt{\frac{S_s}{N-1}} \dots \dots \dots (3)$$

ただし、

$$E(i) = MBP(i) - MBP'(i) \dots \dots \dots (4)$$

$$S_s = \sum_{i=1}^N (E(i) - \bar{E})^2 \dots \dots \dots (5)$$

$$\bar{E} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N E(i) \dots \dots \dots (6)$$

$$N = 48 \dots \dots \dots (7)$$

(a) リサンプリング数と誤差の総和の関係

(b) リサンプリング数と誤差の標準偏差の関係

図4 リサンプリング数と誤差の総和および誤差の標準偏差の関係

Fig.4. The relationship between the number of resampling and sum of error, and standard deviation of error.

リサンプリング数が少ないと24時間平均血圧変動時系列と直線補間およびリサンプリングされた24時間平均血圧変動時系列の間の誤差の総和が大きくなり、また誤差の標準偏差も大きくなるのでばらつきが大きくなることがわかる。そこで、24時間平均血圧変動時系列を1024個の等間隔の時系列にリサンプリングした。

フーリエ変換によって24時間平均血圧変動時系列を周期解析する。高速フーリエ変換によって周期解析された24時間平均血圧変動時系列のパワースペクトルおよび位相スペクトルを図5に示す。図中のパワースペクトルおよび位相スペクトルの横軸は高調波の次数である。また、パワースペクトルの図において、DC:107は直流成分の大きさを示している。

サンプリングの定理⁽¹³⁾より、サンプリング間隔が30分であるから高速フーリエ変換によって得られるスペクトルに含まれる有効な周期成分は1時間成分までである。直流成分から1時間までの各周期成分に対する血圧降下剤投

図5 24時間平均血圧変動時系列のパワースペクトルと位相スペクトル

Fig.5. Power spectrum and phase spectrum of a discrete-time sequence of 24-hour mean blood pressure fluctuation.

与前のパワースペクトルと位相スペクトルおよび血圧降下剤投与後のパワースペクトルと位相スペクトルの変化の相関を検討する。

各周期成分における血圧降下剤投与前のパワースペクトルと位相スペクトルをそれぞれ P 、 ϕ とする。各周期成分における血圧降下剤投与後のパワースペクトルと位相スペクトルをそれぞれ P' 、 ϕ' とする。各周期成分のパワースペクトルと位相スペクトルの変化をそれぞれ ΔP 、 $\Delta\phi$ とし、次式のように定義する。

$$\Delta P = P - P'$$
$$\Delta\phi = \phi - \phi'$$

<2-3>血圧降下剤投与前後のパワースペクトルと位相スペクトルの相関 12例の本態性高血圧症患者において、各周期成分の中の1つである24時間成分の血圧降下剤投与前のパワースペクトル P と血圧降下剤投与後のパワースペクトルの変化 ΔP の関係を図6に示す。また、同様に血圧降下剤投与前の位相スペクトル ϕ と血圧降下剤投与後の位相スペクトルの変化 $\Delta\phi$ の関係を図7に示す。血圧降下剤投与前のパワースペクトルと血圧降下剤投与後のパワースペクトルの変化は正相関を示している。また同様に位相スペクトルも正相関を示している。

各周期成分における血圧降下剤投与前のパワースペクトル P と血圧降下剤投与後のパワースペクトルの変化 ΔP の直流成分から1時間成分までの相関係数の値を表1に示す。各周期成分において血圧降下剤投与前のパワースペクトル P と血圧降下剤投与後のパワースペクトルの変化 ΔP は有意な正相関を示していることがわかる。同様に、各周期成分における血圧降下剤投与前の位相スペクトル ϕ と血圧降下剤投与後の位相スペクトルの変化 $\Delta\phi$ の直流成分から1時間成分までの相関係数の値を表2に示す。位相スペクトル

図6 24時間周期成分の血圧降下剤投与前のパワースペクトル P と血圧降下剤投与後のパワースペクトルの変化 ΔP の関係

Fig.6. The relationship of power spectrum before and after drug administration in 24 hours period.

図7 24時間周期成分の血圧降下剤投与前の位相スペクトル ϕ と血圧降下剤投与後の位相スペクトルの変化 $\Delta\phi$ の関係

Fig.7. The relationship of phase spectrum before and after drug administration in 24 hours period.

ルもパワースペクトルと同様に有意な正相関を示していることがわかる。

3. 血圧降下剤投与後の24時間平均血圧変動時系列の推定値の算出

血圧降下剤投与後のパワースペクトルの変化 ΔP 、位相スペクトルの変化 $\Delta\phi$ はそれぞれ P 、 ϕ と有意な正相関を示す。したがって各周期成分ごとに ΔP の推定値 $\hat{\Delta P}$ および $\Delta\phi$ の推定値 $\hat{\Delta\phi}$ を次式のような回帰直線で表わす。

$$\hat{\Delta P} = a_1 P + b_1 \dots \dots \dots (9)$$

$$\hat{\Delta\phi} = a_2 \phi + b_2 \dots \dots \dots (10)$$

ここで a_1 、 a_2 はデータから同定された傾き、 b_1 、 b_2 はデータから同定された切片である。 P の推定値 $\hat{P}$ および ϕ の推定値 $\hat{\phi}$ は次式となる。

表1 血圧降下剤投与前のパワースペクトルと血圧降下剤投与後のパワースペクトルの間の相関係数の値

Table 1. Coefficients of correlation of power spectrum between before drug administration and after drug administration.

Period (hours)	Coefficients of correlation	Period (hours)	Coefficients of correlation
0	0.710 ****	1.85	0.736 ****
24	0.643 ***	1.71	0.677 ***
12	0.850 *****	1.6	0.946 *****
8	0.667 ***	1.5	0.850 *****
6	0.812 *****	1.41	0.837 *****
4.8	0.482 **	1.33	0.603 ***
4	0.805 ****	1.26	0.724 *****
3.43	0.756 *****	1.2	0.707 ***
3	0.707 ***	1.14	0.530 **
2.67	0.622 ***	1.09	0.865 *****
2.4	0.836 *****	1.04	0.806 *****
2.18	0.131 *	1	0.547 **
2	0.882 *****		

***** p<0.001 **** p<0.01 *** p<0.05 ** p<0.2
* nothing of significance

表2 血圧降下剤投与前の位相スペクトルと血圧降下剤投与後の位相スペクトルの間の相関係数の値

Table 2. Coefficients of correlation of phase spectrum between before drug administration and after drug administration.

Period (hours)	Coefficients of correlation	Period (hours)	Coefficients of correlation
0	-----	1.85	0.891 *****
24	0.695 ***	1.71	0.771 ****
12	0.500 **	1.6	0.870 *****
8	0.800 ****	1.5	0.850 *****
6	0.681 ***	1.41	0.866 *****
4.8	0.588 ***	1.33	0.255 *
4	0.805 ****	1.26	0.320 *
3.43	0.672 ***	1.2	0.682 ***
3	0.514 **	1.14	0.672 ***
2.67	0.432 **	1.09	0.787 ****
2.4	0.593 ***	1.04	0.819 *****
2.18	0.464 **	1	0.660 ***
2	0.720 *****		

***** p<0.001 **** p<0.01 *** p<0.05 ** p<0.2
* nothing of significance

$$\hat{P} = P - \Delta \hat{P} \dots\dots\dots (11)$$

$$= (1 - a_1)P - b_1$$

$$\hat{\phi} = \phi - \Delta \hat{\phi} \dots\dots\dots (12)$$

$$= (1 - a_2)\phi - b_2$$

$\hat{P}$ と $\hat{\phi}$ から血圧降下剤投与後のフーリエ成分を求めフーリエ逆変換を行い24時間平均血圧変動時系列の推定値を求める。図8にパワースペクトルと位相スペクトルの関係図を示す。血圧降下剤投与後のフーリエ成分の実数部を $\text{Re}(\hat{P})$ 、虚数部を $\text{Im}(\hat{P})$ とする。図8より次式が得られる。

$$\text{Im}(\hat{P}) = \text{Re}(\hat{P}) \tan \hat{\phi} \dots\dots\dots (13)$$

図8 パワースペクトルと位相スペクトルの関係
Fig.8. The relationship between power spectrum and phase spectrum.

図9 血圧降下剤投与前のパワースペクトルと位相スペクトル

Fig.9. Power spectrum and phase spectrum before drug administration.

$$\hat{P} = \sqrt{\text{Re}^2(\hat{P}) + \text{Im}^2(\hat{P})}$$

$$= |\text{Re}(\hat{P})| \sqrt{1 + \tan^2 \hat{\phi}} \dots\dots\dots (14)$$

したがって $\text{Re}(\hat{P})$ は次式となる。

(Ⅰ) $0 \leq \hat{\phi} < \frac{\pi}{2}$ および $\frac{3}{2}\pi \leq \hat{\phi} < 2\pi$ の場合

$$\text{Re}(\hat{P}) = \frac{\hat{P}}{\sqrt{1 + \tan^2 \hat{\phi}}} \dots\dots\dots (15)$$

(Ⅱ) $\frac{\pi}{2} \leq \hat{\phi} < \frac{3}{2}\pi$ の場合

$$\text{Re}(\hat{P}) = -\frac{\hat{P}}{\sqrt{1 + \tan^2 \hat{\phi}}} \dots\dots\dots (16)$$

$\text{Re}(\hat{P})$ の値が求まれば $\text{Im}(\hat{P})$ の値は式(13)から求められる。 $\text{Re}(\hat{P})$ および $\text{Im}(\hat{P})$ の値をフーリエ逆変換すること

で血圧降下剤投与後の24時間平均血圧変動時系列の推定値が得られる。

4. 血圧降下剤投与後の24時間平均血圧変動時系列の推定結果と考察

無投薬の本態性高血圧症患者に対して携帯型長時間血圧計で24時間平均血圧変動時系列を測定した。そのパワースペクトルと位相スペクトルを図9に示す。

式(11)、(12)を用いて各周期成分に対するパワースペクトルおよび位相スペクトルの推定値を求め、式(13)～(16)を用いて血圧降下剤投与後のフーリエ成分を求め24時間平均血圧変動時系列を推定した。その推定結果および実測値を図10に示す。

その結果、24時間中73[%]の区間で、推定値および実測値の誤差が ± 10 [mmHg]以内であった。また41.3[%]の区間で ± 5 [mmHg]以内、さらに33.3[%]の区間で ± 3 [mmHg]以内であった。

12例のデータは被験者の日常生活を行ったものである。日常生活は以下に示すような生活パターンで行った。

起床時間 午前7時
就寝時間 午後9時
食事時間 朝食 午前8時
 昼食 午後0時
 夕食 午後5時

24時間平均血圧変動時系列の推定値および実測値の一致しない時間帯は午前6時から午前8時および午前11時から午後4時にかけて多かった。午前6時から午前8時における血圧の上昇の仕方は夜間の血圧値と比べ、年齢等に起因する個人差があり⁽¹⁴⁾、その影響によって24時間平均血圧変動時系列の推定値および実測値の誤差が大きく生じたものと考えられる。

また、午前11時から午後4時にかけての平均血圧値は活動によって大きく変動する^{(15)・(16)}。日中の活動の仕

図10 24時間平均血圧変動時系列の推定結果の一例

Fig.10. A presumed result of A discrete-time sequence of 24-hour mean blood pressure fluctuation.

方に個人差があったために、24時間平均血圧変動時系列の推定値および実測値の誤差が生じたものと考えられる。

5. 結論

血圧降下剤投与前後の24時間平均血圧変動時系列をフーリエ変換して各周期成分の血圧降下剤投与前のパワースペクトルおよび位相スペクトルと血圧降下剤投与後のパワースペクトルおよび位相スペクトルの変化を調べ有意な相関関係があることを明らかにした。各周期成分の有意な相関関係を回帰直線で表し、血圧降下剤投与後のパワースペクトルおよび位相スペクトルを推定し、血圧降下剤投与前の24時間平均血圧変動時系列から血圧降下剤投与後の24時間平均血圧変動時系列を推定する方法を提案した。

実際に血圧降下剤投与前の24時間平均血圧変動時系列を用いて血圧降下剤投与後の24時間平均血圧変動時系列を推定した。その結果、24時間中73.0[%]の区間で12例の推定値と実測値の誤差が ± 10 [mmHg]以内であった。

現在、本方法を用いて血圧降下剤投与後の平均血圧値の推定精度を上げる場合に重要と考えられる個人差について検討している。また、各周期成分において振幅および位相に有為な相関が見られたことの意味についても検討して行きたい。

今日では本態性高血圧症患者を治療するために β 遮断薬やACE阻害剤等の様々な血圧降下剤が用いられるに至っている。カルシウム拮抗薬以外の血圧降下剤を用いた場合の平均血圧値の推定も合わせて検討し、稿を改めて報告したい。

本研究の一部は、文部省平成4年度および5年度、科学研究費一般研究(C)課題番号04805041および交通予防医学財団の援助によった。感謝します。

(平成7年2月20日受付、同7年9月21日再受付)

文献

(1) 田村康二：「時間生物学と高血圧」，呼吸と循環，p115-123，1990，2月
(2) M.Weber, M.Tonkon, R.Klein : "Effect of antihypertensive therapy on the circadian blood pressure pattern," Am-J-Med, 82(1A), 50-2, 1987 Jan.
(3) Y.Kaneko, T.Omae, K.Yoshinaga, O.Iimura, Y.Inagaki, Ishii-M, Saruta-T, Yamada-K, Kumahara-Y, Ito-K, et-al : "Effect of ramipril, a new angiotensin converting enzyme inhibitor, on diurnal variations of blood pressure in essential hypertension," Am-J-Cardiol, 59(10), 86D-91D, 1987 Apr.
(4) L.Poggi, B.Vaisse, F.Bernard, J.Drivet, R.Sambuc : "Comparison of once and twice daily administration of captopril plus hydrochlorothiazide on 24 h blood pressure levels," Br-J-Clin-Pharmacol, 71-75, 23, 1987.
(5) T.Ogihara, M.Ikeda, Y.Goto, K.Yoshinaga, Y.Kumahara, O.Iimura, M.Ishii, E.Murakami, T.Takeda, T.Kokubu,

et-al: "The effect of low dose carvedilol on circadian variation of blood pressure in patients with essential hypertension," J-Cardiovasc-Pharmacol, S108-12, 10, 1987.

- (6) 大塚邦明・大森啓義・渡辺晴雄・P.Cugini・川崎晃一:「血圧日内変動測定の臨床的有用性－話題4－血圧日内変動と疾患(1)高血圧」, Therapeutic Research, p. 27-39, vol. 11, no. 1, 1990, 2月
- (7) 大塚邦明・大森啓義・鈴木真由美・渡辺晴雄:「血圧の日内変動」, 呼吸と循環, p1045-1054, 1990, 10月
- (8) 日和田邦男:「降圧薬の作用と副作用およびその対策」, 日本内科学会雑誌, p48-53, 第79巻, 第1号(平2)
- (9) 大塚邦明・渡辺晴雄:「携帯型血圧心拍モニタリング」, BME, p7-17, Vol. 4, No. 8(平2)
- (10) 栃久保 修・南沢康介・石井當男:「血圧日内変動と降圧薬」, 臨床と研究, p 48-52, 66巻, 10号(平元)
- (11) 島津邦男:「血圧日内変動測定の臨床的有用性－話題4－血圧日内変動と疾患(2)脳卒中」, Therapeutic Research, p. 40-46, vol. 11, no. 1, 1990, 2月
- (12) 西村敏博・江口哲治・井上 猛・斎藤正男:「薬物投与による平均血圧値の予知法」, 通信学会技報, MBE90-124(平成3)
- (13) 南 茂夫: 科学計測のための波形データ処理, p. 40, (昭62) C Q 出版社
- (14) C.Spieker, M.Wienecke, K.Grotemeyer, M.Suss, M.Barenbrock-M, E.Zierden, K.Rahn, W.Zidek: "Circadian blood pressure rhythms in elderly hypertensive patients," J-Int-Med-Res, 19(4), 342-7, 1991 Jul-Aug.
- (15) L.Clark, L.Denby, D.Pregibon, G.Harshfield, T.Pickering, S.Blank, J.Laragh: "A quantitative analysis of the effects of activity and time of day on the diurnal variations of blood pressure," J-Chronic-Dis, 40(7), 671-81, 1987.
- (16) 栃久保 修:「外来血圧・家庭血圧・24時間血圧の意義」, 日本内科学会雑誌, p9-13, 第79巻, 第1号(平2)

西村 敏博

(正員) 1950年4月9日生。1978年大分大学工学部電気工学科卒業。同年同大学工学部電気工学科助手、現在に至る。工学博士。医用生体工学、特に循環器系のモデル化、超音波診断装置、完全埋込型人工心臓システム、心臓ペースメーカ、人工臓器のエネルギー転送システム、半導体電力変換工学などの研究教育に従事。電子情報通信学会、日本ME学会、日本超音波医学会、LST学会、IEEE会員。

江口 哲治

(正員) 1967年2月20日生。1991年3月大分大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年4月より大分県立大分工業高等学校電気科勤務。医用生体工学、パワーエレクトロニクスに関する研究に従事。IEEE会員。

井上 猛

(正員) 1962年1月4日生。1986年3月大分大学大学院工学研究科修士課程修了。同年4月大分県立高等技術専門学校電子制御科勤務、現在に至る。生体の循環器系のモデル、半導体電力変換工学、自律神経系のモデルの研究に従事。日本ME学会会員。

湯ノ口 万友

(正員) 昭和48年鹿児島大学工学部電子工学科卒業。昭和50年同大学院修了。同年鹿児島大学工学部助手、平成6年1月同大学工学部助教授となり現在に至る。昭和60年から翌61年まで東京大学医学部医用電子研究施設斎藤研究室に在籍。昭和63年より平成2年までアメリカM.I.T.のフランシスビタ国立磁気研究所の客員研究員。生体の皮膚電位および磁気計測、磁気刺激の研究に従事。日本ME学会、電気学会、電子情報通信学会、日本生体磁気学会、IEEE学会などの会員。

斎藤 正男

(正員) 1956年東京大学工学部卒業。1962年同大学大学院博士課程修了。同大学工学部講師、助教授を経て、1974年同医学部教授。同大学退官後、東京電機大学教授。工学博士。回路システム理論、医用生体工学の研究教育に従事。日本ME学会会長、日本ハイパーサーミア学会副会長、LST学会会長、国際ME学会会長、日本学術会議医用生体工学研連委員長を歴任。電子情報通信学会稲田賞、論文賞、日本ME学会論文賞受賞。国際ME学会名誉会員。