

平成 28 年 10 月 24 日現在

機関番号：35303

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24592367

研究課題名(和文) 頰動脈ドップラーを用いた無侵襲連続動脈圧モニター装置の開発

研究課題名(英文) Non-invasive blood pressure monitoring via pulse transit time between ECG R wave and carotid

研究代表者

藤田 喜久 (Fujita, Yoshihisa)

川崎医科大学・医学部・教授

研究者番号：10144263

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：総頸動脈でのドップラー信号と心電図より得られる脈波伝搬時間(PTT)を利用することで、動脈圧を非侵襲的にモニターする装置を開発する目的として本研究を行った。侵襲的橈骨動脈圧(Inv_SBP)をゴールドスタンダードとして、10秒ごとにPTTから変換して得られる収縮期動脈圧(Dopp_SBP)を比較した。なお校正は15分ごとに行った。

両者には統計上、有意な相関がありとBland-Altman分析においても系統的誤差を認めなかった。本研究により、総頸動脈でのドップラーと心電図を用いかつ間歇的校正を組み合わせることで、非侵襲的に動脈圧測定装置の実現が可能であることが示された。

研究成果の概要(英文)：We examined the validity of our pressure monitoring system by comparing PTT derived systolic blood pressure (Dopp_SBP) with invasive radial systolic arterial pressure (Inv_SBP) with calibration every 15 min in the ICU setting. Carotid arterial flow via an 8-MHz Doppler probe, ECG, and radial arterial pressure signals were transferred to a personal computer at a rate of 1 kHz and processed to calculate Dopp_SBP from PTT using our own formula.

Results & conclusions: Inv_SBP ranged from 213 to 82 mmHg, and Dopp_SBP from 185 to 71 mmHg. The Bland-Altman plot of the comparison between Inv_SBP and Dopp_SBP revealed limits of agreement of -20.1 to 17.7 mmHg (mean difference, -1.2 mmHg). There was a significant close linear correlation between Inv_SBP and Dopp_SBP ($y=0.95x + 7.51$, $R^2=0.84$, $p<0.0001$). The results of the study show that our system is feasible for systolic blood pressure tracking over a longer interval if it is combined with intermittent calibration.

研究分野：麻酔科学

キーワード：血圧測定 モニター ドップラー 脈波伝搬時間

1. 研究開始当初の背景

麻酔中あるいは集中治療室では患者の循環動態の監視のために、動脈圧を橈骨動脈へのカテーテル留置による直接的動脈圧測定が広く用いられている。しかしこの方法は侵襲的であり、感染や血栓形成などのリスクがある。

われわれは心電図 R 波を基準とした脈波伝搬時間 (PTT) に注目して非侵襲的な動脈圧の連続モニター装置の試作を試みてきた。平成 18、19 年度川崎医療短期大学臨床工学科の卒業研究で、パルスオキシメータから得られる指先容積脈波の PTT より動脈圧の無侵襲連続モニターを検討したが、この方法では動脈圧との相関関係が不良で臨床で用いる非侵襲血圧測定装置とすることができないことがわかった。しかし、その原因としてパルスオキシメータ波形は指先で検出されることから、細動脈レベルでの伝搬時間を含むことになり、PTT に関係する動脈壁弾性のみならず交感神経緊張、動脈の分岐などの多くの因子が PTT に影響を与えていると考えた。そこで総頸動脈での PTT であれば交感神経緊張などの影響を受けず、PTT は比較的純粋に動脈壁弾性とその時点での血圧の 2 つの関数となり血圧変動を正確に反映するものと推測した。さらに、パルスオキシメータにかえて超音波ドップラー血流装置を用いることで総頸動脈血流波形が簡便に測定できることに着目し、本研究助成金を受けて、心電図と頸動脈ドップラーを用いた無侵襲連続的血圧モニターの開発を目指した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、心電図 R 波と超音波ドップラーによる総頸動脈血流波形による PTT による非侵襲的な動脈圧の連続モニター装置の開発である。

したがって本研究では、1. PTT と動脈圧 (収縮期圧: Psys) との良好な相関関係を明らかにすること、2. その得られた相関式を用いて PTT より計算される収縮期圧 (Dopp_SBP) と同時に測定された動脈圧 (Inv_SBP) との精度、誤差を検討することを目的とした。

また、研究遂行の上で、心電図と頸動脈ドップラーの 2 つの信号をコンピュータ処理して PTT を連続かつ精度高く測定し、そして変換式を用いて PTT から動脈圧を連続して計算する手順が必要であるが、これについては従来からの研究で作成してきた独自の PC プログラム[1,2]を適宜、改良を加えていくことで実現した。

3. 研究の方法

川崎医科大学附属病院の ICU に入室している患者を対象とした。超音波ドップラー血流装置(DVM-4300)のプロープ(8MHz)を前頸部に装着し、総頸動脈血流波形を描出した。この波形を心電図波形、橈骨動脈圧波形と共にデータレコーダに記録し、同時に A/D コンバ

ータを介して PC にとりこみ、独自に開発した PC プログラムを用いて PTT を 10 秒ごとに連続測定し[1]、橈骨動脈より得られた収縮期動脈圧(Psys)との関係を検討した。

ついで得られた相関式を変換式として用いて PTT から収縮期動脈圧を計算することで、ドップラー信号と心電図を入力として本装置により計算される動脈圧 (Dopp_SBP) と実際の橈骨動脈圧 (Inv_SBP) を比較して、本装置の精度、誤差を検討した。ただし、PTT からの Dopp_SBP への変換に当たっては 15 分毎に変換式を再校正することで本装置でのドリフトを最小化した

4. 研究成果

われわれの計測システムでは心電図、動脈圧、ドップラー信号は 10 秒ごとに平均されて、PTT がミリ秒の単位で自動表示される。図 1 に実際のモニター画面を示す。上段から、心電図、橈骨動脈圧波形、総頸動脈ドップラー信号波形を示す。この画面では Psys は 132mmHg、PTT は 122msec を示している。そして Psys と $1/PTT^2$ との間には直線的相関関係がみられることがわかる (図 2)。データが 30 分以上連続して測定できた患者 8 人の関係式から $Psys=70 \cdot 105 \cdot PTT^{-2} + 57.6$ の回帰式が得られた[3,4]。ただし、Psys と PTT(の単位はそれぞれ mmHg、ミリ秒である。本研究での PTT は心電図 R 波を基準として総頸動脈での Doppler 信号から得られる血流波形より得ている。

心電図

橈骨動脈圧

総頸動脈流速

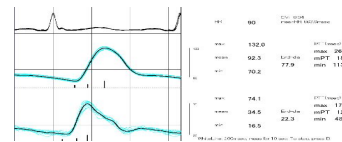


図 1 モニター画面の 1 例

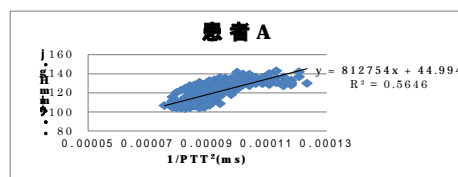


図 2 患者での動脈圧 (収縮期) と PTT の相関関係の 1 例

このため大動脈と総頸動脈の大血管で径に比較して血管壁の筋層は少なく、交感神経のトーンによる血管壁緊張度への影響は少なく、動脈圧の変化が比較的純粋に PTT に反映されるという利点がある。これは従来の方法と比較して本研究の優れた特徴である。当初の研究計画では血管壁硬化度の個人差を個々の患者の特性(動脈硬化、身長、体重、性別、コレステロール値の血液生化学データなど)から推定して補正することを予定した。しかし、その方式ではばらつきが大きくなること、また操作が煩雑になるため多忙な臨床

での実用化に支障になると思われた。一方で、心電図 R 波を基準とした PTT では、原理的に純粋な脈波伝搬に加えて等容収縮期時間 (Pre_P: preejection period) を含むことになる。とくに頸動脈ドップラー波形より測定される PTT では、その値が 150msec 以下と比較的短時間であり Pre_P の割合が多く、心臓の収縮性の変化に、PTT が大きく変動されるという欠点がある。

この問題点を解決するため、本研究では、15 分毎の校正を行う方法を採用した。すなわち、個々の患者動脈硬化度の差異、そして測定中の心収縮性による Pre_P の変化によって生じる動脈圧と PTT の乖離すなわちドリフトを最小限にした。実際の心電図と頸動脈ドップラーを用いた連続動脈圧計測装置の開発に当たっては、マンシエット法による自動血圧計との組み合わせることが想定される[4]。われわれは 15 分ごとの間歇的校正法としたが、この間隔を短くすると実際の測定値との誤差はより少なくなり、また長くすると誤差は大きくなることが予想される。実際の装置では患者の状態と連続測定の必要度に合わせて、校正間隔を設定できるようにすることが望ましいと思われる。

<引用文献>

- 1.Yoshioka N, Fujita Y, Yasukawa T, Sano I, Kiso M, Nakayama M, Yoshida Y. Do radial arterial pressure curves have diagnostic validity for identify severe aortic stenosis? J Anesth 24(1):7-10. 2010
- 2.Masako Yamamoto, Yoshihisa Fujita, Yuka Sakuta, Masatsugu Tsuge. Experimental validation of blood flow derived from pulse oximeter wave signals in beagles. Kawasaki Medical Journal 41(1):1-5, 2015
- 3.平尾拓一, 辻真莉奈, 藤田喜久. 頸動脈ドップラーを用いた動脈圧モニターの試み。集中治療とテクノロジー 2013、55-58. (<http://jsta.net/pdf/2013.pdf>)
- 4.Yoshihisa Fujita. Noninvasive tracking of systolic arterial blood pressure using pulse transit time measured with ECG and carotid Doppler signals with intermittent calibration. Anesthesia and Resuscitation 2016;52(1):26-28.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計3件)

- 1.Yoshihisa Fujita. Noninvasive tracking of systolic arterial blood pressure using pulse transit time measured with ECG and carotid Doppler signals with intermittent calibration. Anesthesia and Resuscitation 2016;52(1):26-28. (http://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/files/public/396/62/20160411175416309388/AnesthResus_5

[2_25.pdf](#) d 査読有 .

- 2.Masako Yamamoto, Yoshihisa Fujita, Yuka Sakuta, Masatsugu Tsuge. Experimental validation of blood flow derived from pulse oximeter wave signals in beagles. Kawasaki Medical Journal 41(1):1-5, 2015 do:10.11482/KMJ-E41(1) 1、査読有 .

- 3.平尾 拓一, 辻 真莉奈, 藤田 喜久. 頸動脈ドップラーを用いた動脈圧モニターの試み。集中治療とテクノロジー 2013、55-58. (<http://jsta.net/pdf/2013.pdf>) 査読無し

[学会発表](計3件)

- 1.Fujita Y., Sakuta Y., Tsuge M., Sugimoto E., Nakatsuka H. Noninvasive tracking of systolic arterial blood pressure using pulse transit time measured with ECG and carotid Doppler signals with intermittent calibration. European Society of Anesthesiologists 2015 Annual meeting May 31, 2015, Berlin, Germany)

- 2.Yoshihisa Fujita, Motohiko Hanazaki,, Keita Hazama, Nami Yoshitake, Etsuko Sugimoto. Correlation of Arterial Blood Pressure With Pulse Transit Time Measured Using ECG and Carotid Doppler Signals. American Society of Anesthesiologists 2013 Annual meeting (October 13, 2013 San Francisco, USA)

- 3.平尾 拓一, 辻 真莉奈, 藤田 喜久. 頸動脈ドップラーを用いた動脈圧モニターの試み。第 30 回日本日本麻酔・集中治療とテクノロジー学会 2012 年 12 月 8 日、鹿児島 (鹿児島市民文化ホール)

[図書](計0件)

[産業財産権]

出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：
[その他]

ホームページ等
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者 藤田 喜久 (FUJITA, Yoshihisa) 川崎医科大学・麻酔・集中治療
医学1・教授

研究者番号：10144263

(2) 研究分担者 なし

(3) 研究協力者 平尾 拓一 (HIRAO, Yoichi), 辻 真莉奈 (TSUJI, Marina)