

全循環充満平均圧による前負荷評価法の麻酔時血行動態管理への応用

研究代表者： 松岡 達 (医学系部門・教授) 重見 研司 (医学系部門・教授)
共同研究者： 次田 佳代 (医学系部門・助教)

概 要	
	手術中に前負荷をモニタリングする新しい計測器・ソフトウェアを開発した。心電図と動脈圧波形をノートパソコンに取り込み、微分処理や近似処理により、拡張末期及び動脈圧切痕（大動脈弁閉鎖）の時刻を求めた。そして動脈圧波形の下行脚を指数関数で近似することで漸近値を求め、この値を Guyton が提唱した全循環充満平均圧（MCFP）として計測することに成功した。実際に手術室で試用したところ、概ね良好に計測できることが確認された。今後は、手術時の様々なノイズ発生に対処出来るように、例外処理をより広く行い、測定エラーを削減できるよう改善していく。
関連キーワード	前負荷、循環モニタリング、全循環充満平均圧、手術

研究の背景および目的

1回の心臓収縮で拍出される血液量(1回拍出量)は心室容積(拡張末期容積)に依存する。これはフランク・スターリングの心臓の法則と呼ばれ、20世紀初頭に確立された。心室容積は心臓への静脈環流量により決定され、静脈環流は循環血液量の影響を受ける。拡張末期容積は前負荷と呼ばれ、前負荷が多くなれば、心室容積が増加し心筋はより強い収縮力を発生する。

臨床の場合においては、中心静脈圧(CVP)を用いることで、前負荷を推測することが、長らく行われてきた。しかしながら、CVPは胸腔内圧などの影響を強く受けるので、前負荷の指標としては必ずしも良い指標ではない。全身麻酔下での手術時に、前負荷の指標として呼吸性の1回拍出量変動(SVV)や脈圧変動(PPV)が使われるようになってきたが、SVVやPPVは、心不全患者では正確な指標にならないと言われている。また、呼吸性変動を測定するので、測定に時間がかかる。それ故、全身麻酔下に前負荷を高精度にかつ短時間で測定できる新しい指標が求められている。

Guytonは全循環充満平均圧(MCFP)を用いて、心臓への静脈環流量を次式で表すことを提唱した。

$$\text{静脈環流量} = (\text{MCFP} - \text{右房圧}) / \text{静脈環流抵抗}$$

MCFPを測定できれば静脈環流量をより正確に推測できる。しかし、MCFPは心臓ポンプ機能を停止したときの血圧であるので、これまでの方法ではヒト臨床へは応用することができなかった。

心臓を停止せずにMCFPを測定する方法として、研究代表者の重見は、動脈圧波形の下行脚を指数関数に近似して、漸近値を求めることでMCFPとする手法を考案した(図1)。

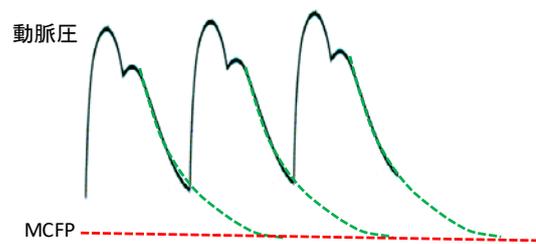


図1. MCFP測定の原理

本研究においては、このアイデアを応用してヒト麻酔時にMCFPを測定する計測器・ソフトウェアを開発し、麻酔時血行動態管理に応用することを目指す。

研究の内容および成果

全身麻酔下の手術においては、心電図と動脈圧(多くは橈骨動脈圧)は常時測定している。そのデータをADコンバータ(CONTEC

AIO-163202FX-USB)を用いてノートパソコン(OS Windows)に取得した。データ取得のためのプログラムはVisual basicで作成した。動脈圧波

形を微分して、単位時間あたりの動脈圧変化が急速に増加する時点を求め、拡張末期の時刻を決めた。続いて、動脈圧切痕（大動脈弁閉鎖）の時刻を決めて、動脈圧切痕と拡張末期の間の動脈圧波形に指数関数 ($A \times \text{Exp}(-B \times T) + C$, $T = \text{時間}$) を近似することで A , B , C の値を求め、 C の値を MCFP とした。これらの計算をすべてオンラインで心拍毎に行い、グラフ描画、取得データのファイルへの出力を行う計測器・ソフトウェアを開発した。さらにこれまでに開発していた左心-動脈カップリング (Ees/Ea) 計測と組み合わせることで、MCFP と Ees/Ea を同時計測する計測器・ソフトウェアを開発した。図 2 と 3 に MCFP 測定の実例を示す。

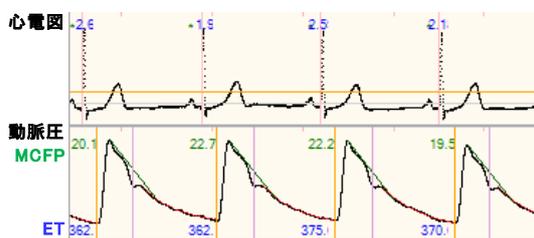


図2. MCFP計測の実例。下段に計測したMCFP (mmHg)と駆出期時間(ET: msec)をしめす。オレンジの線は近似した指数関数。

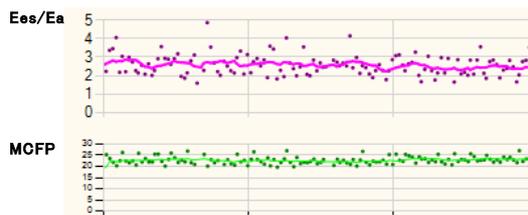


図3. Ees/Ea(上段)とMCFP(下段mmHg)の心拍毎の計測の実例。実線はそれぞれ10心拍の移動平均を示す。3分間のトレンド表示

実際の手術室において、この計測器・ソフトウェアを試用したところ、多くの場合 MCFP を計測可能であることが分かった。また、SVV や PPV 変動と良く相関することが確認された。

しかしながら、電気メス使用、体位変換、動脈圧ラインのフラッシュ等により様々なノイズ発生することで、ソフトウェアがフリーズすることがあった。今後は、ノイズ発生時の例外処理をより広範囲設定することで、測定エラーを大幅に軽減し、ソフトウェアの改良を進める。

本助成による主な発表論文等、特記事項および競争的資金・研究助成への申請・獲得状況

「主な発表論文等」

Sakaguchi, Tsugita, Matsuki, Kitamura, Matsuoka, Fujibayashi, Shigemi. “Noninvasive Monitoring of Ventricular-Arterial Coupling during Non-Cardiac Surgery” International Anesthesia Research Society 2018 Annual meeting で発表予定。

「特記事項」

発明の名称「循環系指標算出プログラム、循環系指標算出装置、循環系指標算出システム及び循環系指標算出方法」発明者 重見研司、松岡 達、次田佳代、松本悠佳 特許出願中

「競争的資金・研究助成への申請・獲得状況」

基盤研究(C) 2016-2018 年度「左心室拡張末期容量(Ved)のモニタによる心前負荷調節機序の解明」3,700 千円 代表 重見研司

挑戦的研究(萌芽)2018 年度「全身循環系の静脈還流抵抗値(Rvr)の測定とその調節機序の解明」代表 田畑麻里、研究分担 重見研司・松岡達 申請中