

## 論文の内容の要旨

論文題目 内頸静脈における血管断面積心拍性変動を用いた循環血液量の評価

氏名 徳永 蔵人

### 背景

適正な循環血液量管理が予後に関連することは、救急、集中治療、麻酔領域における臨床研究で数多く報告されており、これまで様々な研究がなされてきた。正確な循環血液量評価を行うために必要なモニタリング指標が検証されてきている。

超音波はこれまで心拍出量や循環血液量評価の研究においても数多くの報告がされている。特に inferior vena cava (IVC)の呼吸性変動は簡便な循環血液量の評価や CVP の推定などに使用されてきた。internal jugular vein (IJV)を利用する手法が近年提案されていて、体表に近く他臓器の影響を受けにくいことから簡便かつ確実に測定でき臨床応用性が高いと思われる。また循環血液量の評価を行う研究では、実際の出血環境を人為的に作成し行うことが理想ではある。最近では状態の安定した患者の出血モデルとして、一定量の除水を行う透析患者や、予定された量の血液を喪失する自己貯血・献血患者を用いる研究が報告されている。

我々は超音波を用いた静脈の血管径・面積の心拍性変動による循環血液量の評価に関する研究を行ってきた。しかし、これまでも研究では実際の循環血液量低下の状況、輸液負荷の状況における心拍性変動の評価がなされておらず、今回自己貯血を行う患者において検討した。更に呼吸性変動との比較を行い心拍性変動の呼吸性変動に対する優位性を評価した。

下記の仮説を検証することを本研究の目的とした。

1. 自己貯血を行う患者において、IJV 横断面の心拍性変動は循環血液量の減少を早期に検出する指標であり、輸液反応性の指標にもなりうる。
2. 自己貯血を行う患者において、IJV 横断面の心拍性変動は呼吸性変動よりも鋭敏に循環血液量の低下を感知し、輸液反応性を予測しうる。

### 方法

東京大学医学部附属病院輸血部において術前自己貯血を施行する要輸血待機手術患者を対象とした。

2つの期間において患者のエントリーを行った（以降、「研究1」、「研究2」とする）。「研究1」においては、4秒間記録された超音波データを用いた。「研究2」においては、呼吸性変動の評価のために記10秒間測定された超音波データを用いた。

患者は仰臥位で数分休息し貯血を開始し、貯血終了後500mlの細胞外液が30分かけて投与された。貯血前(T0)・半量貯血後(T1)・全量貯血終了後(T2)・500ml輸液後(T3)・止血後(T4)の5時点で超音波検査を施行した。超音波プローブをあて右内頸静脈短軸像を描出しB-modeで超音波画像を記録した。「研究1」では呼吸時を4秒間測定、「研究2」では吸呼吸含め10秒間の記録を行った。各時点で血圧、脈拍も測定した。

画像解析は東京大学大学院工学系研究科精密工学専攻で開発されたソフトウェアを基に更に改良を行ったソフトを使用した。まだ自動解析が不可能な症例に対しては手動で境界を描画し面積と周囲径を測定する代替ソフトも作成し 0.1 秒毎の解析を行った。

「研究 2」では心拍性変動と呼吸性変動の波形の分離のためフーリエ変換の一種である fast fourier Transform (FFT)を内頸静脈面積の測定データに実施し、FFT から解析した周波数を参考に Band pass filter (BPF)で内頸静脈面積測定データにフィルター処理を行った。超音波検査にて得られたデータは、下記のように定義した変数として評価した。

「研究 1」

#### 1. IJVa Max, IJVa Min

呼吸時心拍周期におけるIJV面積(IJV area)の最大、最小

#### 2. IJVc Max, IJVc Min

呼吸時心拍周期におけるIJV周囲径(IJV circumference)の最大、最小

#### 3. CIa (collapse index area)

各心拍周期での面積の変化率,  $(\frac{\text{最大}-\text{最小}}{\text{最大}})$

#### 4. CIc (collapse index circumference)

各心拍周期で周囲径の変化率,  $(\frac{\text{最大}-\text{最小}}{\text{最大}})$

「研究 2」

#### 1. FFTr, FFTc:

FFT 分析で抽出した呼吸性変動成分(FFT respiratory)と心拍性変動成分(FFT cardiac)の面積

#### 2. IJVa-r-pre, IJVa-c-pre

分離前(FFT、BPF 施行前)呼吸性変動と心拍性変動のそれぞれの各周期の平均面積

#### 3. IJVa-r-post, IJVa-c-post

分離後(FFT、BPF 施行後)呼吸性変動と心拍性変動のそれぞれの各周期の平均面積

結果

#### 研究 1. 自己貯血患者での心拍変動の評価

「研究 1」では 104 名の解析を行った。心拍数、血圧、脈圧は貯血による統計学的有意差は認めたが、輸液による統計学的有意差は認めなかった。全量貯血終了後 (T2) との比較において CIa、CIc に関しては貯血のみならず輸液における変化でも統計学的有意差を示していた。

#### 研究 2. 心拍性変動と呼吸性変動の比較

「研究 2」では「研究 1」と同条件において測定時間を延長し心拍性変動と呼吸性変動の比較を行った。97 名の患者の解析を行った。波形変動成分の分離前後の心拍性変動と呼吸性

変動は類似の時系列変化を示し、分離前の心拍性変動と呼吸性変動は最も循環血液量の少ない全量貯血終了後(T2)との比較において貯血前(T0)と止血後(T4)において統計学的有意な変化を示した。FFT 解析によって得られた心拍数は実際の心電図モニターで得られた心拍数と強い相関係数を示し呼吸数においても同様に強い相関関係を認めた。FFT における T2 との比較において心拍性変動では T0 以外では有意差を認めたものの呼吸性変動では有意差は認めなかった。分離後の呼吸性変動と心拍性変動を FFT 解析時と同様に T2 との比較において心拍性変動では他の時点との有意差を認めたものの呼吸性変動では有意差は認めなかった。

#### 結論

本研究では描出が IVC より簡易である IJV の変動に着目し、加えて自己貯血患者を対象としたヒト臨床における出血性モデルを用い、脱血および輸液投与による循環血液量のダイナミックな変化を IJV の変動によって評価を行うことが出来た。内頸静脈断面積の心拍性変動による評価は、循環血液量の減少と輸液負荷を鋭敏に検出した。呼吸性変動と心拍性変動を分離する解析手法を用いて、心拍性変動が呼吸性変動に比較して循環血液量の評価に優れている可能性を示した。