

# FloTrac System Technology Overview

## 心拍出量測定アルゴリズム<sup>1</sup>

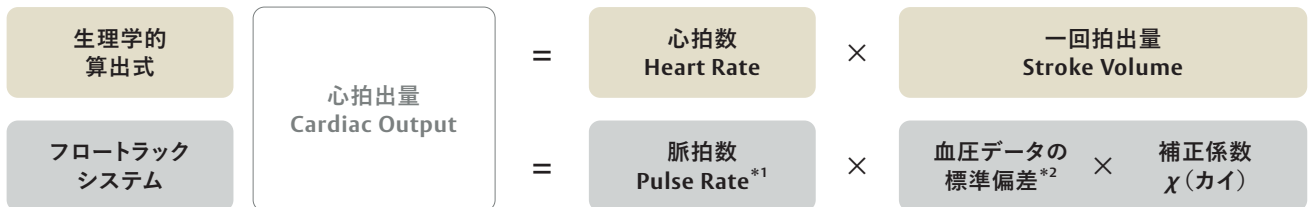
### 1. 動脈圧波形解析に基づく心拍出量測定の生理的背景

フロートラックシステムのアルゴリズムは、動脈圧が一回拍出量 (SV; Stroke Volume) に比例し、血管コンプライアンスに反比例するという原理に基づいています。

生理的背景	測定アルゴリズム
<ul style="list-style-type: none"><li>■ 脈圧は一回拍出量に比例する</li><li>■ 一回拍出量は血管コンプライアンスに反比例する</li><li>■ 同じ脈圧でも血管抵抗が異なると一回拍出量は異なる</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 動脈圧波形データの分布を利用<ul style="list-style-type: none"><li>・ 標準偏差は一回拍出量と比例</li><li>・ データ分布の歪度、尖度は血管緊張度を反映</li></ul></li><li>■ 生体情報から大血管コンプライアンスを推測</li></ul>

### 2. フロートラックシステムの心拍出量測定アルゴリズム

フロートラックシステムの心拍出量アルゴリズムは下記の計算式で成り立ちます。補正係数 $\chi$  (カイ) は血管緊張度に比例する多変量多項式です。



\*1 脈拍数は動脈圧波形の上向きカーブにより脈拍数を判定し、20秒間測定、1分間の値に換算して表示

\*2 一回拍出量は脈圧と比例するという生理学的関係に基づき、同等の関係を持つ標準偏差を使用したアルゴリズムを開発

### 3. 一回拍出量算出のための動脈圧波形データの標準偏差

フロートラックシステムのアルゴリズムは、連続的に測定した動脈圧波形から1秒間に100個のデータを採取、20秒間合計2000データポイントとして取り込み、標準偏差を算出します。

動脈圧の標準偏差は、駆出された血液、即ち一回拍出量に比例します。



## 4. 補正係数 $\chi$ (カイ)

- ・動脈圧 (mmHg) の標準偏差をmL/回に変換するには、補正係数 $\chi$  (カイ) を掛けます
- ・ $\chi$  (カイ) は絶えず変化する患者の血管緊張が脈圧に与える影響を評価する多変量多項式です
- ・ $\chi$  (カイ) は患者の脈拍、平均動脈圧、平均動脈圧の標準偏差、患者の人口統計的特性から推定した大血管コンプライアンス、および動脈圧波形の歪度および尖度を分析することによって算出します
- ・ $\chi$  (カイ) は60秒の移動平均値で更新されます
- ・急激な血圧上昇や血管拡張時の心拍出量を補正する機能も追加されています

### 1) $\chi$ (カイ) に含まれる変数

大血管コンプライアンス	血管緊張度に関する要素
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Langewouters<sup>2</sup>による血管コンプライアンスの推測式の応用</li> <li>■ 算出に年齢、性別、体表面積、圧情報を利用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 血圧データ20秒2000ポイントの分布： <ul style="list-style-type: none"> <li>歪度：データ分布の対称性</li> <li>尖度：データ分布の集中度</li> </ul> </li> <li>■ 平均動脈圧、標準偏差、脈拍数</li> </ul>
急激な血圧変動時の補正	血管抵抗低下時
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <math>1/(\text{収縮期血圧} + \text{拡張期血圧})</math> から導いた係数 (K fast)</li> </ul> <p><small>*血管コンプライアンスは血圧に反比例するという生理学的根拠を応用 *20秒毎に更新</small></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ディクロティックノッチの位置の異常を感知して作動</li> <li>■ 収縮期の時間、拡張期の時間、収縮期の面積、収縮終期のポイント、収縮期・拡張期の標準偏差、反射波の検出の7ポイントで補正</li> </ul>

### 2) $\chi$ (カイ) に含まれる主な変数について

#### (1) 大血管コンプライアンス

Langewoutersにより、年齢、性別、平均動脈圧が大動脈コンプライアンスと直接相関することが示されています<sup>2</sup>。フロートラックシステムでは、年齢、性別、身長、体重を入力することで患者の大血管コンプライアンスを推定します。

$$C(P) = L \cdot \frac{A_{\max} \cdot \pi \cdot P_1}{1 + \left( \frac{P - P_0}{P_1} \right)^2}$$

$L$  = 推定大動脈長  
 $A_{\max}$  = 大動脈起始部の最大断面積  
 $P$  = 動脈圧  
 $P_0$  = コンプライアンスが最大に達する時の圧  
 $P_1$  = 最大コンプライアンスの半分の位置のコンプライアンス曲線の幅  
\*フロートラックシステムでは推定大動脈長の算出に体表面積を使用しています

#### (2) 血管緊張度に関する要素 (歪度と尖度)

動脈圧波形から得られた2000データポイントの分布は血管抵抗や血管コンプライアンスの変化を示唆しています。



歪度：データ分布の対称性

血圧データの場合：収縮期血圧が急激に上昇し、徐々に低下する場合は血管収縮が増加し、歪度も増加します (赤線)。

血管抵抗が低い場合は、歪度は低下します (青線)。

尖度：データ分布の集中度

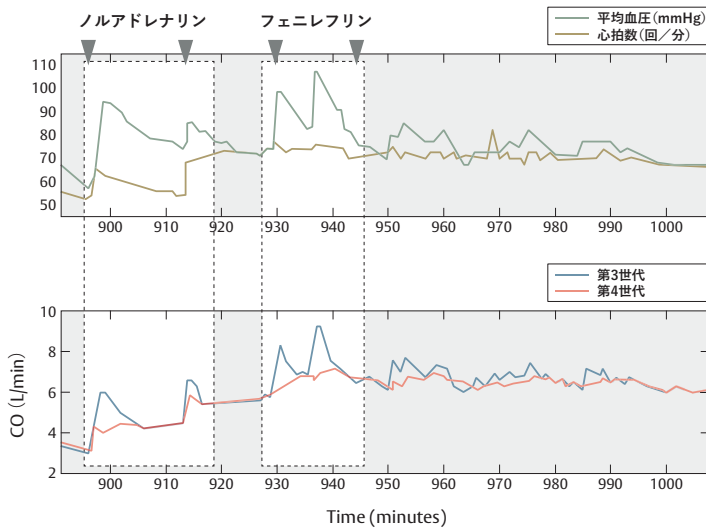
血圧データの場合：圧上昇と下降が通常より早い血圧データは高い尖度を示します (青線)。

血管緊張度が低い場合、尖度は低くなります (赤線)。

\*実線は正規分布を示します。血圧データの特徴と歪度、尖度の関連は自社開発データに基づいています。

### (3) K fast

χ (カイ) は過去60秒のデータをもとに算出する多項式と、20秒のデータをもとに算出するK fastの積で算出されます。K fastは血圧に反比例し、20秒毎に更新されることで、血管抵抗の急激な変化に対する生理学的応答性が向上しています。



第3世代までのアルゴリズムでは血管収縮薬投与後の急激な血圧変動に対し、心拍出量が一過性に増加しています。生理学的には、血管収縮薬により血管抵抗が急激に増大しており、心拍出量の急激な増加はないと考えられています。

K fastは血圧の急激な変化による心拍出量一過性過大評価を補正し、実際の生理的反応に応じた心拍出量値を示します。

左図青線: K fastが追加される前の心拍出量の変化  
左図赤線: K fastが追加された後の心拍出量の変化

\* 自社検証データ

## 一回拍出量変化 (SVV; Stroke Volume Variation) 測定アルゴリズム

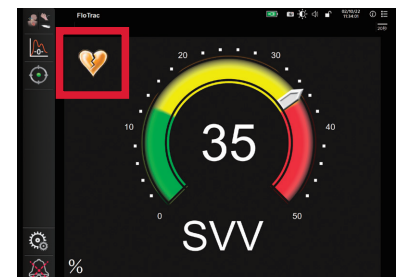
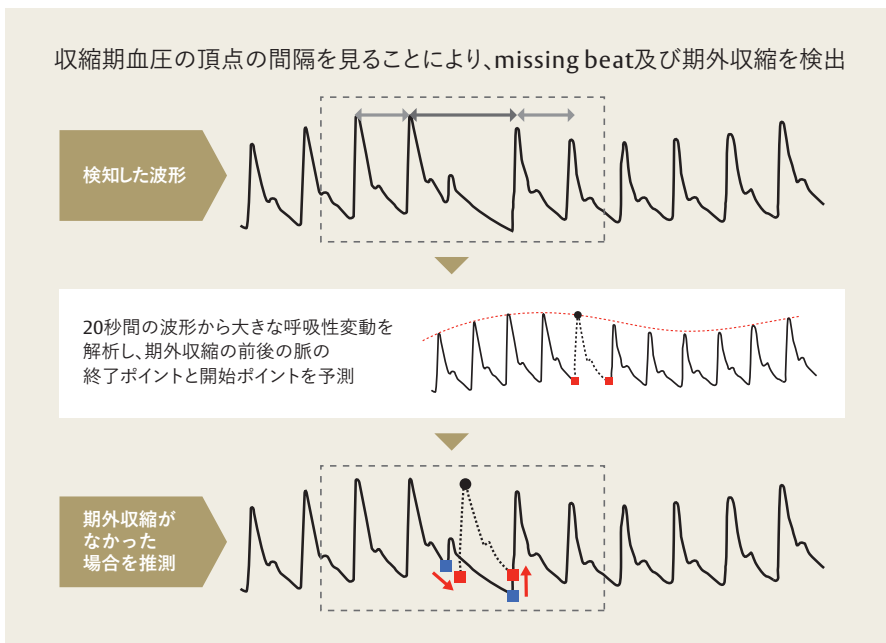
### 1. 20秒間の一回拍出量の呼吸性変化率を算出

$$SVV = \frac{SV_{max} - SV_{min}}{(SV_{max} + SV_{min}) / 2} \times 100$$

輸液反応性の指標として使用される一回拍出量の呼吸性変動について、20秒間の拍動から最小と最大の一回拍出量を特定し、左記の計算式で変化率を算出します。

### 2. 期外収縮発生時の一回拍出量変化補正アルゴリズム (SVVextra)

フロートラックシステムは20秒間で6個までの期外収縮をフィルタリングし、本来の動脈圧波形を推定して、一回拍出量変化を算出します。



期外収縮の頻度がSVVextraアルゴリズムによるフィルタリング能力(20秒間に最大6個まで検出)を超えている場合は、黄色いハートが表示されます。

## フロートラック システム改良の変遷

	世代	改良の特徴
2005年	第1世代	<ul style="list-style-type: none"><li>・自動血管緊張調整機能の導入 (10分平均)</li><li>・データベース対象患者：主として心臓手術患者</li></ul>
2006年	第2世代	<ul style="list-style-type: none"><li>・自動血管緊張調整機能の改良 (1分平均)</li><li>・データベース対象患者：高度リスク手術患者を追加</li><li>・輸液最適化画面の機能強化</li></ul>
2008年	第3世代	<ul style="list-style-type: none"><li>・高心拍出量患者への対応</li><li>・データベース対象患者：敗血症患者および肝切除術患者を追加</li></ul>
現在	第4世代	<ul style="list-style-type: none"><li>・データベース対象患者：中等度～高度リスク手術患者をさらに追加</li><li>・期外収縮発生時の一回拍出量変化 (SVV) の精度向上</li><li>・急激な血圧変動に対する心拍出量測定精度を向上</li></ul>

### ■引用参考文献

1. Benjamin Pratt, et al. Calculating arterial pressure-based cardiac output using a novel measurement and analysis method. Biomed Instrum Technol. 2007;41:402-11
2. Langewouters GJ, et al. The pressure dependent dynamic elasticity of 35 thoracic and 16 abdominal human aortas in vitro described by a five component model. J Biomech. 1985;18:613-20

### 販売名/承認・認証番号

ヘモスフィア アドバンスドモニタリングプラットフォーム/30200BZX00403

フロートラック センサー/21700BZY00348

※ご使用の際には製品の添付文書を必ずお読みください。

記載事項は予告なく変更されることがありますので予めご了承ください。

Edwards、エドワーズ、Edwards Lifesciences、エドワーズライフサイエンス、定型化されたEロゴ、FloTrac、フロートラック、HemoSphereおよびヘモスフィアは、Edwards Lifesciences Corporation またはその関係会社の商標です。  
その他のすべての商標はそれぞれの商標権者に帰属します。

© 2022 Edwards Lifesciences Corporation. All rights reserved. EW2022034 2204\_0\_2000

製品に関するお問い合わせは下記にお願い致します。

製造販売元 **エドワーズライフサイエンス株式会社**

本社：東京都新宿区西新宿6丁目10番1号 Tel.03-6894-0500

edwards.com/jp



Edwards