

Blood Pressure

for Windows
User's Guide



LabChart™

▶▶ Module

日本語マニュアル

目次

1 基本	3
2 操作方法	4
2-1 設定	4
オンライン・オフライン解析	4
Blood Pressure Settings Dialog	4
2-2 サイクルの検出	5
3 解析	6
3-1 サイクルマーカ	6
3-2 Classifier View	6
3-3 Analysis View	7
3-4 Table View	8
3-5 Channel Calculation	9
3-6 Exporting	9
4 アルゴリズム	10
4-1 サイクル領域 Cycle Region	10
4-2 サイクル持続時間 Cycle Duration	10
4-3 アライメントポイント	10
心室圧シグナル	10
動脈圧シグナル	11
4-4 平均化	11
4-5 最大値と最小値	11
4-6 拡張終期圧 (EDP)	11
4-7 重複隆起	12
4-8 Tau	12
4-9 References	12

1

基本

このガイドには、Blood Pressure モジュール v1.1 の詳細情報に関して書かれてあります。

このモジュールは、動脈圧、もしくは、心室圧からのパラメータを解析、表示します。このモジュールは、ヒト及び動物への研究用です。臨床目的に使用することはできません。

Blood Pressure モジュールをインストールしますと、LabChart 画面上に以下のような項目が追加されます。

- LabChart メニューバーに Blood Pressure メニュー（図 1-1）が追加されます。このメニューを通じて、Blood Pressure モジュールのほとんどの機能を使用することができます。詳しくは、4 ページの第 2 章をご参照下さい。

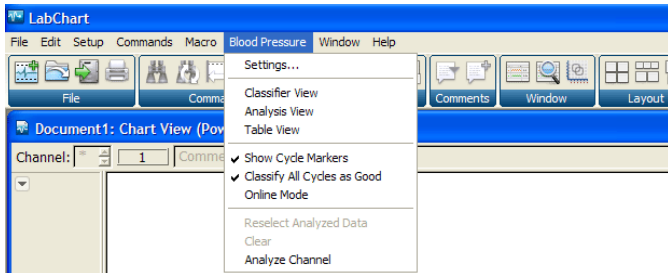


図 1-1

- チャンネル演算メニューにも Blood Pressure...（図 1-2）という項目が追加されます

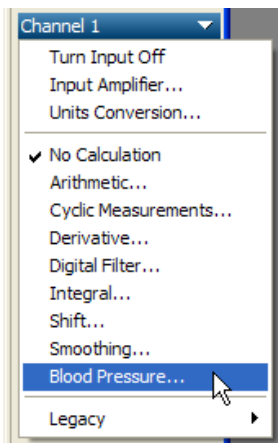


図 1-2

- LabChart ツールバーに、Blood Pressure ツールアイコン（図 1-3）が追加されます。これらのボタンを用いることで、よく使う項目へのアクセスが便利になります。



図 1-3

2

操作方法

2-1 設定

Blood Pressure モジュールは、記録された動脈圧、心室圧の解析に用いられます。測定中、測定後に解析することができます。解析の設定は、Blood Pressure > Settings...を選択すると表示される Blood Pressure Settings dialog (図 2-1) 内で行えます。

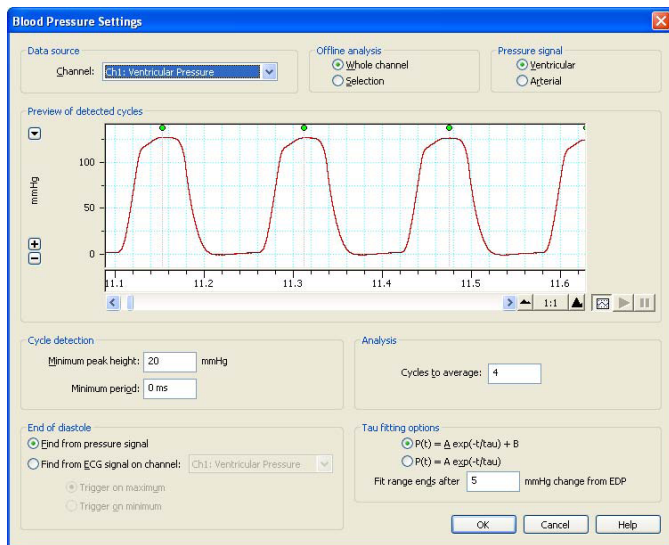


図 2-1

オンライン・オフライン解析

オンライン

圧力シグナルを測定しながら、解析することができます。オンラインで解析するには、Blood Pressure Settings dialog 内で記録の設定を行った後に Blood Pressure > Online Mode を選択して下さい。

オフライン

また、既に記録した圧力シグナルの解析も行うことができます。Blood Pressure Settings dialog 内で設定をし、解析を行って下さい。

Blood Pressure Settings Dialog

Data Source 欄

Data Source 欄で、解析するデータ（心室圧、もしくは、動脈圧）が含まれているチャンネルを選択して下さい。

Offline Analysis 欄

オフラインモードで解析する場合、チャンネル全体を解析するには Whole channel を、チャンネルの一部・選択範囲を解析するには Selection を選択して下さい。

Selection を選択し解析する時は、いずれかの手順を行って下さい。

- Chart View 上で選択範囲を指定した後に、設定を行って下さい。
- 設定を行い、ダイアログを閉じた後に、Chart View 上で選択範囲を指定し、Blood Pressure > Analyze Selection を選択して下さい。

Blood Pressure > Online Mode を選択している時は、Offline Analysis 欄の設定は無効になります。

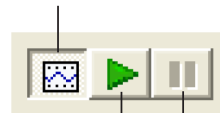
Pressure Signal 欄

Pressure Signal 欄で、解析する圧力シグナルのタイプを、Ventricular か Arterial かを選択して下さい。

Preview of Detected Cycles 欄

選択されたチャンネルの圧力シグナルは、Preview of Detected Cycles 欄に表示されます。縦軸は、Chart View 上の元チャンネルと同じスケールが用いられ、ポップアップメニューやスケールボタン、ドラッグスケールを用いて Chart View と同じ方法で変化させることができます。横軸は、Chart View と同じ縮尺が用いられ、縮尺調整ボタンやスクロールバーなどを用いて Chart View と同じ方法で調整することができます。

Review button



Monitor buttons:
Sample and Pause

Review ボタンをクリックしますと、Preview 欄に選択されたチャンネルで記録されたデータが表示されます。Monitor ボタンをクリックしますと、選択されたチャンネルの入力で現在サンプリングされているデータが表示されます。

また、Preview 欄には、現在の設定で検出されたサイクルマーカが表示されます。

Cycle Detection 欄

Blood Pressure モジュールでは、心室圧サイクルを EDP (拡張終期圧) から EDP までと定義しています。また、動脈圧サイクルは、拡張期圧 (最小圧力) から次の拡張期圧までとしています。

Minimum peak height は、直前のピーク以降でシグナルが上昇しなければならぬ高さで、その後著しく下がった所がピークとして検出されます。ですから、この値は、サイクル検出の為の絶対値閾値ではありません。

Minimum Period を設定しますと、この期間内に 2 つのピークが検出されないようになります。テキストボックスに入力した時間が経過する前に第 2 のピークが現れても、それはピークとして認識されません。Minimum Period は秒 (s)、もしくは、ミリ秒 (ms) で設定することができ、デフォルト設定は秒 (s) 設定となっております。

Analysis 欄

Analysis View では、平均化されたサイクルが表示されます。平均化に用いるサイクル数は、Cycles to average のテキストボックスで設定できます。

Cycles to average はデフォルト設定では 1 に設定されています。記録した波形にノイズが多い場合、いくつかのサイクルごとの平均化をお試しください。

End of Diastole 欄

心室圧シグナルを解析する場合、拡張期末を検出する方法が 2 つあります。

拡張期末の検出に圧力シグナルを用いる場合は、Find from pressure signal を選択して下さい。詳しくは、11 ページの第 4 章をご参照下さい。

圧力シグナルに同期した ECG シグナルを記録する、もしくは、記録してある場合、EDP 検出のトリガーに、ECG の QRS 群の時間を用いることができます。Find from ECG signal on channel を選択し、ECG データのあるチャンネルを指定して下さい。Trigger on maximum か Trigger on minimum を選択すると、それぞれ QRS 群の最大値、もしくは、最小値を用いて検出を行うようになります。

解析シグナルタイプとして Arterial を選択してある場合は、この欄は無効になります。また、ECG 波形のチャンネルには、圧力シグナルの元データとして選択されたチャンネルを使用できませんので、ご注意ください。

Tau Fitting Options 欄

Tau は等容性弛緩 (拡張期) の時定数で、一般的には、心臓の変弛緩の指標として用いられます。

これは、圧力曲線の減衰部分に 2 つの関数のうちの一つを近似することによって算出されます。非線形重みなし最小二乗法によって近似されています。

第 1 の関数は、圧力 (B) の漸近線への mono-exponential 減衰を表現しています。一方、第 2 の関数は、圧力ゼロの漸近線への mono-exponential 減衰を表現しています。

近似に用いられるデータの範囲は、Min dP/dt 時から始まり、圧力シグナルが Fit range ends のテキストボックスで設定された値分 EDP より上の値に初めて到達する時間までです。このテキストボックスは、デフォルトで 5 に設定されています。

解析シグナルタイプとして Arterial を選択してある場合は、この欄は無効になります。

2-2 サイクルの検出

Blood Pressure > Show Cycle Markers を選択しますと、Chart View 上で検出されたサイクルに対して、サイクルマーカが表示されます。

オンラインモードの場合、Chart View 上で「スタート」をクリックしますと、記録が開始され、記録が進むにつれてサイクルが検出され、その結果が更新されます。

既に解析されたデータがある場合更にデータを記録・解析するには、既存の解析データの小域は記録したデータの終点でなければなりません。そうでない状態で、「スタート」をクリックしますと、図 2-2 のような警告ウィンドウが表示され、現在のデータをクリアするまで記録は開始されません。

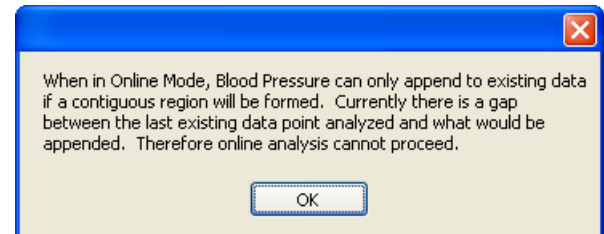


図 2-2

すべての Blood Pressure View から解析結果を消すには、Blood Pressure > Clear を選択して下さい。

Blood Pressure View で解析したデータを再び選択する場合は、Blood Pressure > Reselect Analyzed Data を選択して下さい。

3

解析

3-1 サイクルマーカ

サイクルが検出されると、Chart View 上の波形の上にサイクルマーカが表示されます。マーカは、検出されたサイクルの最大値の上に設置されます。最初と最後に検出されたサイクルは灰色のマーカになり、Blood Pressure View の解析には含まれません。

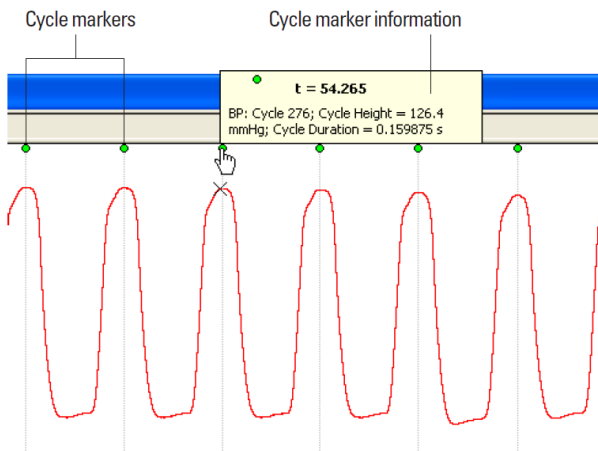


図 3-1

デフォルト設定では、サイクルマーカは Chart View 上に表示されます。サイクルマーカを表示したくない場合は Blood Pressure > Show Cycle Markers の選択をはずして下さい。

カーソルをサイクルマーカ上に合わせますと、カーソルがハンドアイコンに変化します。そのままクリックすると、それを維持している間、そのサイクルに関する以下の情報が表示されます。

- **サイクルマーカの時間** - 時間の設定は LabChart 設定と同じです。変更するには、「セットアップ」>「表示設定」を選択して下さい。
- **サイクル番号** - サイクルには、解析しているデータの始めから番号付けされています。
- **サイクルの高さ** - これは、サイクルの最小値と最大値の差を表しています。
- **サイクルの持続時間** - これは、心室圧と動脈圧で算出の方法が異なります。詳しくは、10 ページのサイクル持続時間 (Cycle Duration) をご参照下さい。

3-2 Classifier View

Classification によって、異常値や不正確に検出されたサイクルなどの不適切なサイクルを解析から除外します。サイクルを除外する必要がない場合は、このステージは飛ばしても構いません。

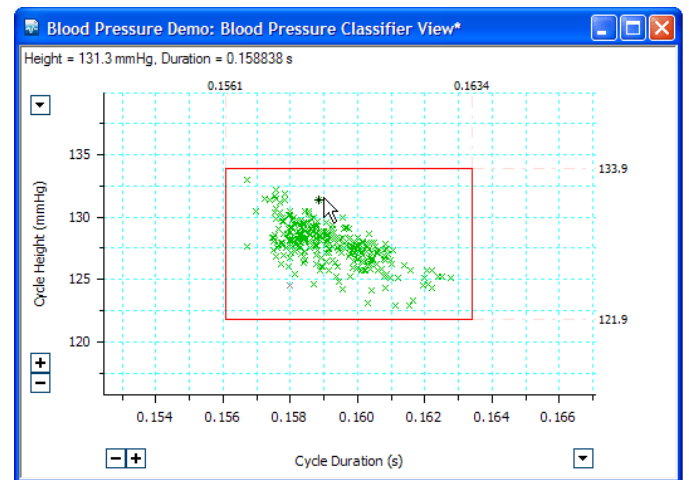


図 3-2

Scaling

Classifier View の縦軸、横軸を、スケールポップアップメニューやスケールボタン、ドラッグスケールを用いて、Chart View と同じ方法で変更することができます。

Red Box

Classifier View では、検出されたサイクルは、バツ印によって表されます。解析に含める為には、それぞれのバツ印を Red Box (赤い枠内) に入れて下さい。Red Box の外にあるサイクルは解析に含まれません。枠の境界線をドラッグすることで、枠を変更できます。Blood Pressure > Classify All Cycles as Good を選択しますと、全てのサイクルが Red Box に囲まれ、解析に含まれるようになります。

Cycle Color-coding

サイクルは、解析に含まれているか除外されているかで色分けされています。

- Red Box 内にあり、解析に含まれるサイクルは、緑色のバツ印で表示されます。
- Red Box 外にあり、解析から除外されるサイクルは、赤色のバツ印で表示されます。

Analysis View や Chart View でも同じ色で表示されます。

Viewing Cycles in the Chart View

Classifier View 上でバツ印をクリックしますと、そのサイクルは Chart View 上の中央に表示されます。また、他の Analysis View 上でも、そのサイクルが表示されます。

Online Mode

オンラインモードで、Classifier View を開いている場合、記録されるにつれて、個々のサイクルが追加されていきます。

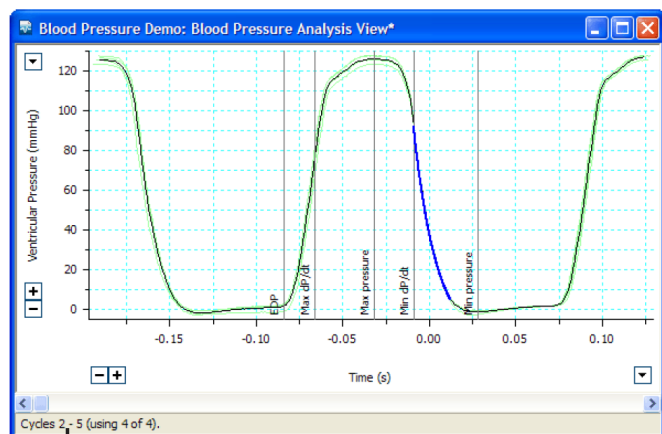
Blood Pressure > Classify All Cycles as Good が選択されていますと、記録されている全てのサイクルが表示されるように、スケールが変化します。

Classify All Cycles as Good が選択されていない場合は、Red Box の大きさは変化せず、新たに追加されるサイクルが解析に含まれるかどうかは、Box の位置によって決まります。

3-3 Analysis View

Analysis View では、平均化されたサイクルとモジュールによって算出されたそれらのパラメータが表示されます。Blood Pressure Settings dialog の Analysis 欄で、平均化に用いるサイクル数を設定して下さい。平均化に関する詳細は、11 ページの第 4 章をご参照下さい。平均化は、ノイズを除去するのに有効です。Cycles to average が 1 に設定されている場合、Analysis View には個々のサイクルが表示されます。このマニュアルでは、便宜上、1 サイクルのみであっても「平均化されたサイクル」と表記されています。

Analysis View を表示させるには、Blood Pressure > Analysis View を選択して下さい。



Averaging summary information

図 3-3

Analysis View で表示される時間幅は、最も長い平均化されたサイクルによって決まります。

Waveform Colors

Analysis View では、平均化されたサイクルは黒色で表示されます。個々のサイクルは、Classifier View による Classification に従い、緑色か赤色で表示されます。

Summary Information

Analysis View の左下に averaging summary information が表示されます。この情報には、サイクル番号・Analysis View に含まれている数・実際に平均化に用いられた数が含まれます。

Block Boundaries

2つ以上のブロックからのサイクルを平均化することはできません。ブロックの最後に検出されたサイクルと始めに検出されたサイクルは解析には用いられません。平均化に必要なサイクル数に至る前にブロック境界線にあたってしまう場合は、その平均化されたサイクルは破棄され、それに含まれる個々のサイクルは解析には含まれません。解析に含まれないので、これらのサイクルは、Table View には表示されません。

Online Mode

オンラインモードで、Analysis View を開いている場合、平均化が完了するごとに、それらが表示されます。

個々のサイクルは、Classifier View と同じ色で表示されます。矢印ボタンやスクロールバーを用いることで、前の平均化されたサイクルを閲覧することができます。

Parameters

Analysis View 上では、それぞれの平均化されたサイクルに、様々なパラメータが表示されます。解析する圧力タイプが心室圧か動脈圧かで表示されるパラメータが異なります。

Ventricular Parameters

心室圧サイクルには、以下のパラメータが算出されます。

- EDP
- Max dP/dt
- Max pressure
- Min dP/dt
- Min pressure

Arterial Parameters

動脈圧サイクルには、以下のパラメータが算出されます。

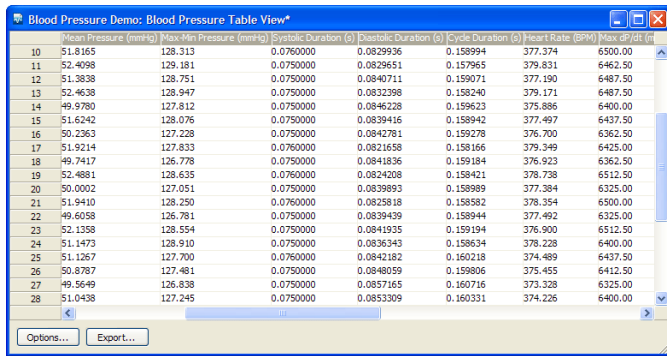
- Diastolic pressure
- Systolic pressure
- Dicrotic notch

3-4 Table View

Blood Pressure > Table View を選択しますと、Table View 上で解析結果が表示されます。

Table View 上では、それぞれの平均化されたサイクルに対して、1列で表示されます。パラメータが算出できない場合、そのセルは空白になります。

Table View の列をクリックしますと、それに対応する平均化されたサイクルが Chart View に表示されます。平均化に用いられた最初のサイクルのサイクルマーカがアニメーションで強調されます。



	Mean Pressure (mmHg)	Max-Min Pressure (mmHg)	Systolic Duration (s)	Diastolic Duration (s)	Cycle Duration (s)	Heart Rate (BPM)	Max dP/dt (mmHg/s)
10	51.8165	128.313	0.0760000	0.0829936	0.158994	377.374	6500.00
11	52.4098	129.181	0.0750000	0.0829651	0.157965	379.831	6462.50
12	51.3858	128.751	0.0750000	0.0840711	0.159071	377.190	6487.50
13	52.4638	129.947	0.0750000	0.0832398	0.158240	379.171	6487.50
14	49.9780	127.812	0.0750000	0.0846228	0.159623	375.886	6400.00
15	51.6242	128.076	0.0750000	0.0839416	0.158942	377.497	6437.50
16	50.2363	127.228	0.0750000	0.0842781	0.159278	376.700	6362.50
17	51.9214	127.833	0.0760000	0.0821658	0.158166	379.349	6425.00
18	49.7417	126.778	0.0750000	0.0841836	0.159184	376.923	6362.50
19	52.4881	128.635	0.0760000	0.0824208	0.158421	378.738	6512.50
20	50.0052	127.951	0.0750000	0.0839893	0.158989	377.384	6325.00
21	51.9410	128.250	0.0760000	0.0825818	0.158582	378.354	6500.00
22	49.6058	126.781	0.0750000	0.0839439	0.158944	377.492	6325.00
23	52.1358	128.554	0.0750000	0.0841935	0.159194	376.900	6512.50
24	51.1473	128.910	0.0750000	0.0836343	0.158634	378.228	6400.00
25	51.1267	127.700	0.0760000	0.0842182	0.160218	374.489	6437.50
26	50.8787	127.481	0.0750000	0.0848059	0.159806	375.455	6412.50
27	49.5649	126.838	0.0750000	0.0837165	0.160716	373.328	6325.00
28	51.0438	127.245	0.0750000	0.0853309	0.160331	374.226	6400.00

図 3-4

Online Mode

オンラインモードで、Table View を開いている場合、サイクルが検出され、パラメータが算出されるごとに、新しい列が追加されます。

Standard Columns

Table View には、以下のカラムが含まれます。

- **Time** - その平均化に用いられた最初のサイクルのサイクルマーカの時間です。時間設定は、Chart View の設定と同じで、秒 (s) で表示されます。
- **First Cycle** - その平均化に用いられた最小のサイクルのサイクル番号です。
- **Last Cycle** - その平均化に用いられた最後のサイクルのサイクル番号です。
- **Used** - その平均化に用いられたサイクルの数です。

Optional Columns

Table View では、様々なパラメータを表示させることができます。Table View のボトムにある Options... をクリックし、Table View Options dialog を開くことで、表示させるパラメータを選択することができます。解析する圧力タイプが心室圧か動脈圧かでオプション内のパラメータが異なります。

Ventricular Parameters

心室圧を解析している場合、以下のパラメータが Table View で表示できます (図 3-5 左図)。

- **Max Pressure** - サイクル中の最大圧力
- **Min Pressure** - サイクル中の最小圧力
- **EDP** - 拡張終期圧
- **Mean Pressure** - サイクルの平均圧力
- **Max-Min Pressure** - 最大圧力と最小圧力の差
- **Systolic Duration** - サイクルの開始時 (EDP) から Min dP/dt までの経過時間
- **Diastolic Duration** - Min dP/dt からサイクルの終了時までの経過時間
- **Cycle Duration** - 2つのアライメント点間の時間
- **Heart Rate** - 60/ (Cycle Duration)
- **Max dP/dt** - 上向きの圧力曲線での勾配の最大値
- **Contractility Index** - Max dP/dt を、その時点の圧力で除したもの
- **Min dP/dt** - 下向きの圧力曲線で最も険しい勾配
- **IRP Average dP/dt** - Tau の計算に用いられた等容性弛緩期の近似直線の勾配
- **Tau** - 弛緩の指数関数的な時定数
- **Pressure Time Index** - Tension-time Index ともいわれています。収縮期経過時間をかけた収縮期の圧力の平均。

Arterial Parameters

動脈圧を解析している場合、以下のパラメータが Table View で表示できます (図 3-5 右図)。

- **Systolic Pressure** - サイクル中の最大圧力
- **Diastolic Pressure** - サイクル開始時の圧力
- **Dicrotic Notch Pressure** - 重複隆起時の圧力
- **Mean Pressure** - サイクルの平均圧力
- **Pulse Pressure** - 収縮期圧と拡張期圧の差
- **Ejection Time** - サイクルの開始時から重複隆起時までの経過時間
- **Non-Ejection Time** - 重複隆起時からサイクル終了時までの経過時間
- **Cycle Duration** - 2つのアライメント点間の時間
- **Heart Rate** - 60/ (Cycle Duration)
- **Time to Peak** - サイクルの開始時から収縮期圧時までの経過時間

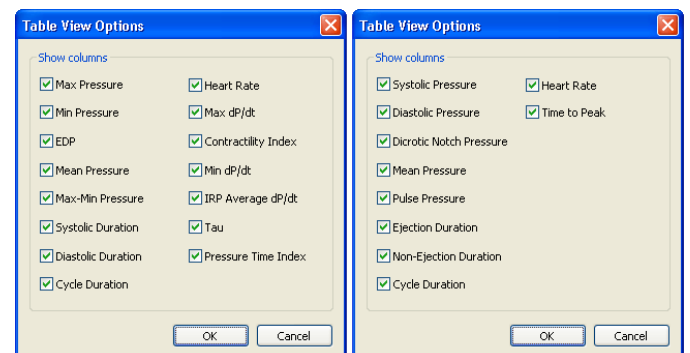


図 3-5

左図：心室圧 右図：動脈圧

3-5 Channel Calculation

チャンネル演算メニュー内で、Blood Pressure を選択することで、モジュールで算出されたパラメータをチャンネル内に表示することができます。Blood Pressure dialog (図 3-6) の Output 欄で、ドロップダウンリストの中から表示するパラメータを選択して下さい。

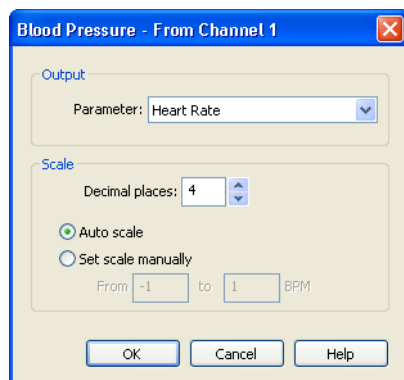


図 3-6

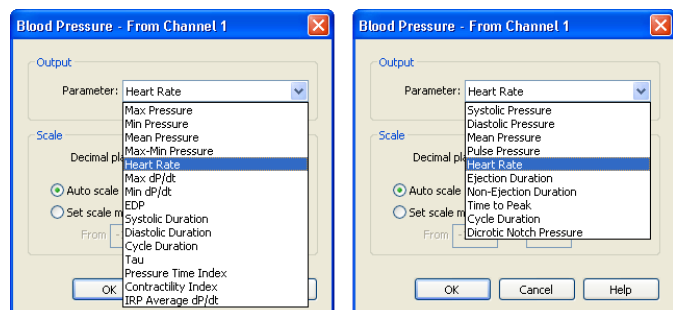


図 3-7

左図：心室圧 右図：動脈圧

解析する圧力タイプが心室圧 (図 3-7 左図) か動脈圧 (図 3-7 右図) かで、ドロップダウンリストのパラメータが異なります。また、Scale 欄で、Decimal places やスケールオプションを設定できます。

チャンネル演算では、平均化されたサイクルのパラメータが表示されます。チャンネル演算の解析に用いられるサイクル領域に関する詳細は 10 ページをご参照下さい。心室圧サイクルの平均化の場合、領域は、その平均化の初めのサイクルの EDP から始まり、次の平均化サイクルの EDP までです。動脈圧サイクルの平均化の場合、その平均化の初めのサイクルの拡張期圧から始まり、最後のサイクルの終わりの拡張期圧までです。

3-6 Exporting

Table View の解析結果は、Table View 上の Export... をクリックすることで、テキストファイルとして出力、保存することができます。また、編集 > Copy Table View を選択することで、他のアプリケーションに貼り付けることができます。同様に、他の Analysis View の内容も画像としてコピー、ペーストすることができます。

各 Analysis View は、ファイル > Print から印刷することも可能です。

4

アルゴリズム

4-1 サイクル領域 Cycle Region

サイクル持続時間 (Cycle duration) を除く、全ての Blood Pressure のパラメータは、サイクル領域 (Cycle region) を元に算出されます。サイクル領域の定義は心室圧と動脈圧とでは異なりますので、ご注意ください。

- 心室圧のサイクルは、EDP (拡張終期圧) から次の EDP までの領域です (図 4-1)。
- 動脈圧のサイクルは、拡張期 (最小値) から次の拡張期圧までの領域です (図 4-2)。

EDP 決定のアルゴリズムに関しては、11 ページの拡張終期末をご参照下さい。サイクル持続時間は、アライメントポイントから算出されます。

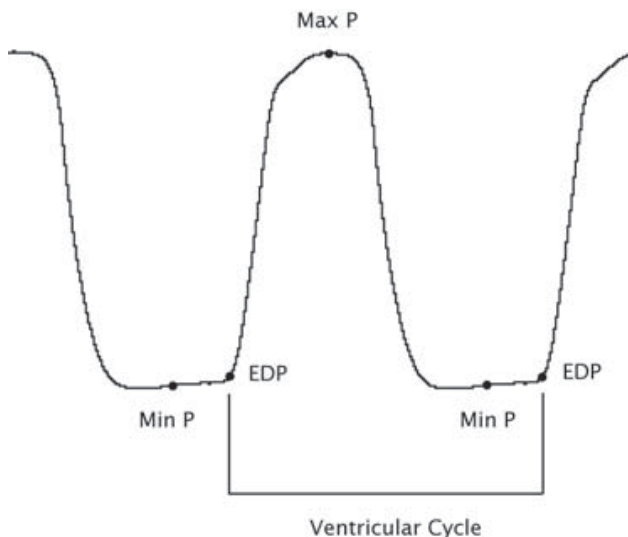


図 4-1

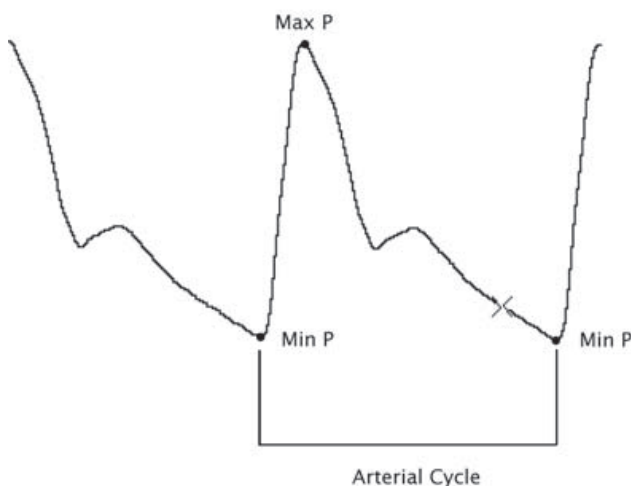


図 4-2

4-2 サイクル持続時間 Cycle Duration

サイクル持続時間 (Cycle duration) は、アライメントポイント間の前方差分として算出されます。アライメントポイントによって、ノイズやアーチファクトの影響を受けずに、サイクル持続時間は正確に算出されます。

サイクル持続時間 (Cycle duration) とサイクル領域 (Cycle region) は異なりますのでご注意ください。また、アライメントポイントの決定は、心室圧と動脈圧とでは異なります。

心室圧では、サイクル持続時間は EDP 間の距離に一致しています。動脈圧の場合、アライメントポイントは、拡張期圧よりサイクル持続時間をよく表す収縮期圧 (最大値) となります。これは、拡張期圧は通常平坦な領域に、ノイズの影響を受けやすいからです。

平均化された波形のサイクル持続時間は、単純に、平均化に含まれるサイクルの持続時間の平均値となります。

4-3 アライメントポイント

アライメントポイントは、サイクル持続時間の算出と平均化するサイクルの整列に用いられます。個々のサイクルは、アライメントポイントを用いて揃えられ、そして、平均化されます。

次のような表記を使います。ポイント (i, y_i) の、 i は (時間でなく) サンプル番号を表し、 y_i は測定された値です。

心室圧シグナル

心室圧の場合、アライメントポイントは、Tau の正確な値を得るために、等容性弛緩領域かその近くに置かれます。通常、収縮期は大きく変化するので、アライメントはサイクルの始点の近くがよく、それにより EDP ポイントも正確に算出されます。アライメントポイントは、最大圧力 (b, y_b) とその次の最小値 (c, y_c) 間のいくつかの点の平均値として算出されます。

1. b から c までの間で、 $y_1 < 0.5y_b + 0.5y_c$ となる初めのポイントを (x_1, y_1) とします。
2. b から c までの間で、 $y_2 < 0.4y_b + 0.6y_c$ となる初めのポイントを (x_2, y_2) とします。
3. b から c までの間で、 $y_3 < 0.25y_b + 0.75y_c$ となる初めのポイントを (x_3, y_3) とします。
4. b から c までの間で、 $y_4 < 0.15y_b + 0.85y_c$ となる初めのポイントを (x_4, y_4) とします。

$(x_1 + x_2 + x_3 + x_4) / 4$ となる位置がアライメントポイントとなります。

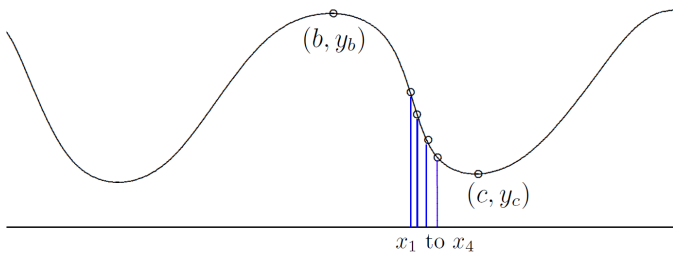


図 4-3

動脈圧シグナル

動脈圧の場合、アライメントポイントは収縮期圧の位置となります。

4-4 平均化

Blood Pressure ではサイクルが平均される際に、各サイクルには平均化のための領域があります。この領域は、直前のピークから直後のピークまで（すなわち、1 サイクルより長くなります）です。これらの領域がアライメントポイントで揃えられ、その圧力値が平均化されます。この平均化されたデータによって、平均化された波形が描かれます。

各サイクルからの領域は、全て同じ長さではないので、平均化された波形には、一つ、もしくは、いくつかのサイクルのデータが平均化に寄与していないポイントがあり、それらのポイントを除外するために、平均化された波形の幅はその分短くなります。

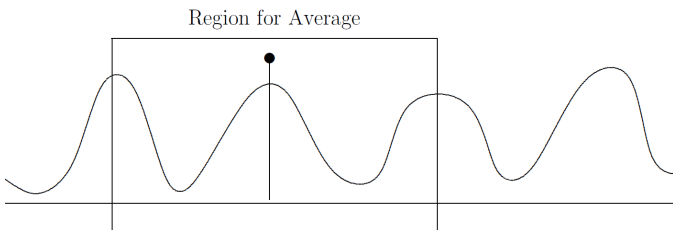


図 4-4

サイクル持続時間と classification を除けば、全ての解析とパラメータ算出は平均化された波形に対して行われます。EDP ポイントや重複隆起などのパラメータの位置は、平均化された波形のアライメントポイントと関連して表されます。アライメントポイントは、 $t=0$ にあるとなっています。

4-5 最大値と最小値

平均化された波形上の検出の第一段階は、最大値 (a) と最小値 (b) の決定です。平均化の始点は、直前の平均化されたビートのピークとなっていて、平均化のための全てのサイクルを揃える点が決定されます。

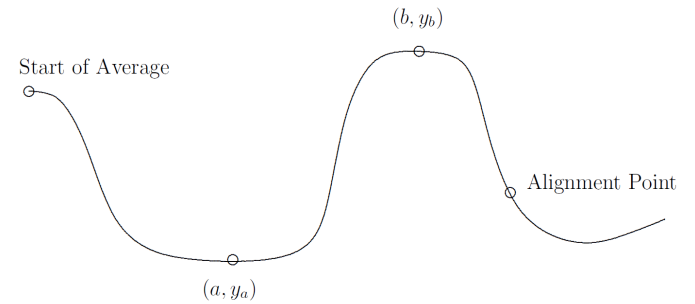


図 4-5

a と b の位置は、次のように決定します。

1. $f(x)$ を、x とアライメントポイントまでの波形の最大値とします。
2. $f(a)-y_a$ が最大になる点を、a とします。
3. $y_b = f(a)$ となる点を b とします。

これは、ノイズがある時、また、アライメントポイントが最小値より下にがある時でも信頼のおける検出です。

4-6 拡張終期圧 (EDP)

EDP 周辺の局所的挙動は実験ごとに大きく異なります。しかし、心室圧波形の全体の形はかなり一致しています。EDP 検出のアルゴリズムはこのことを利用した、幾何学的な検出方法を行っています。

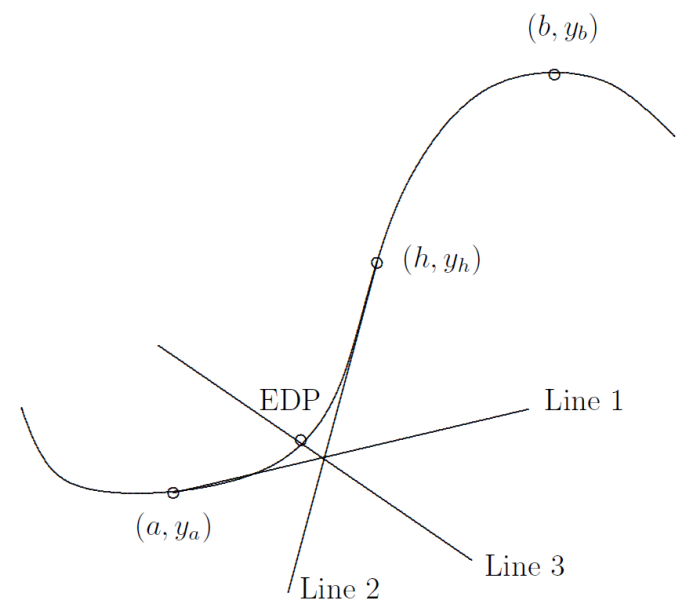


図 4-6

このアルゴリズムでは、まずビートの局所的な最大値 (b, y_b) とその最大値より前にある最小値 (a, y_a) を検出します。その後の手順は次の通りです。

各サイクルからの領域は、全て同じ長さではないので、平均化された波形には、一つ、もしくは、いくつかのサイクルのデータが平均化に寄与していないポイントがあり、それらのポイントを除外するために、平均化された波形の幅はその分短くなります。

1. y_a と y_b の中点を (h, y_h) とします。
2. 最小値を通る横線を直線 1 (line1) とし、 $(3a+h) / 4$ と h 間のポイントに接するまで、その傾きを反時計回りに動かします。
3. (h, y_h) を通る縦線を直線 2 (line2) とし、最小値と (h, y_h) 間のポイントに接するまでその傾きを時計回りに動かします。
4. 直線 1 と直線 2 の無次元座標における角度が 30° 以下の場合、直線 1 を選択し直します。 $((3a+h) / 4$ と h 間ではなく) a と h 間のポイントに接するまで、その傾きを反時計回りに動かします。その角度も 30° 以下であった場合は、最小値後にははっきりとした EDP がないことになり、最小値が EDP とされます。(アルゴリズム終了)
5. 直線 1 と直線 2 の交点を通るマイナスの傾きの直線を考えます。シグナルの形を予想し、この EDP ポイントを通過するように、この直線が直線 1 と直線 2 の間の角度をどのように分割するかを決定できます。これらの条件を満たす直線を直線 3 とします。
6. 圧力シグナルと直線 3 の交点を決定します。この点が最初の EDP 見積もり値となります。
7. 局所的な傾きが直線 1 の傾きより大きい間は、見積もり値は曲線に沿って後ろに移動します。その結果の位置が EDP ポイントとなります。

4-7 重複隆起

重複隆起は、常に圧力シグナルに現れるわけではありませぬので、重複隆起がない場合には、「見つからない」とするために、いくつかの破綻基準をもった単純なしっかりとしたアルゴリズムが必要です。Blood Pressure モジュールのアルゴリズムでは、最大値 (b, y_b) とその次の最小値 (c, y_c) の間から検出します。

1. b と c 間の i に対して、 j_i を、 b と i 間の最も圧力が低い位置として定義します。
2. m を、 $y_m - y_{j_m}$ が最も大きい (もしくは、マイナス方向に大きい) 位置として定義します。 (j_m, y_{j_m}) を重複隆起とします。
3. $y_m - y_{j_m}$ の値がサイクルの高さの 5% 以上の場合にのみ、重複隆起として検出されます。

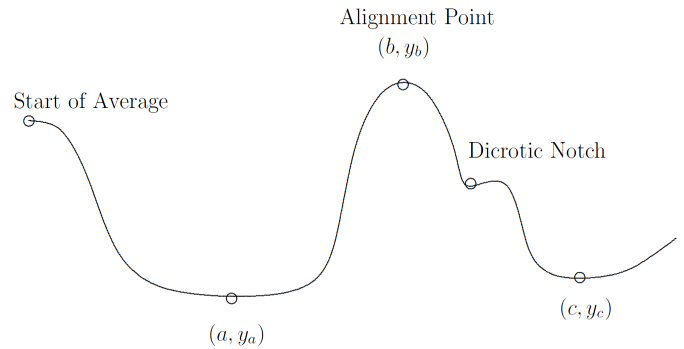


図 4-7

4-8 Tau

心室圧の場合、Tau はサイクルの減衰領域の一部の指数関数を近似することによって算出されます。近似領域の始点は、最も陰しい勾配の位置で、終点は EDP から設定した値分より上に位置する点です。選択された方程式は、非線形最小二乗法によって近似され、時間 $t = 0$ は、近似領域の始点となります。

4-9 References

Langer, S.F.J. (2002) 'Differential Laws of Left Ventricular Isovolumic Pressure Fall'. *Physiological Research* 51: 1-15.

De Mey, S., J.D. Thomas, N.L. Greenberg, P.M. Vandervoort and P.R. Verdonck (2001) Assessment of the time constant of relaxation: insights from simulations and hemodynamic measurements. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 280: H2936 - H2943