

2

血圧の検査法と評価

a. 血圧とは

血圧は、血管の内圧のことであり、正確には、動脈血圧と静脈血圧があり、血管によりその性状を異にする。動脈血圧の把握は臨床的に重要で、一般的には、血圧といえば動脈血圧のことという。

b. 血圧測定の歴史

血圧測定が可能になったのは、1896年にイタリアのリヴァーロッチ (Scipione Riva-Rocci) が血圧測定計を考案してからで、約100年前のことである。もちろんそれ以前にも血圧を測定することは試みられており、Ritter von Basch が1881年にU字管水銀血圧計を用いて橈骨動脈で収縮期血圧の測定をしている。Riva-Rocci が画期的であったのは、太い上腕動脈を測定部位に選択したこと、空気のふくらむ独自のカフを用いることで末梢動脈の過剰な圧迫を避けて測定精度を上げたこと、ベッドサイドや診療所で簡便に使用できるように小型化したことである。彼はまた、血圧に変動があることや「白衣現象」も発見している。

その後アメリカの脳神経外科医 Harvey Cushing が1901年にイタリアに渡り、この血圧計の図面を持ち帰り、帰国後に自らも使用したことで、Riva-Rocci型血圧測定計はアメリカにも普及した。

1904年、ロシアのコロトコフ (Korotkoff) が聴診器を用いて聴診法にて拡張期血圧を明らかにした。ここに現在も用いられている Riva-Rocci-Korotkoff 法が確立した。その後、直接法のヒトへの臨床応用や間接法のオシロメトリック法の普及、フィナプレス法、トノメトリー法などが登場した。Riva-Rocci型血圧測定計は、装置に改良工夫がなされながらも、100年たった今日も基本的なかたちを変えることなく広く使用されている（図1-24）。

c. 血圧・血流・血管抵抗

血圧は、血流、血管抵抗などと同様に、血液循環の基本的物理量である。血管内の1点における圧力であるので、本来は単位面積あたりの力で表され「力／面積」の次元をもつが、測定方法の歴史的経緯もあって、通常、水銀柱の高さ mmHg に換算して表す。この場合、大気圧が基準値となる。

血流は、血管内を単位時間内に通過する血液量で、L/min または mL/min で表される。

血管抵抗は、血圧差と血流で規定される。

$$\text{血圧差} = \text{血流} \times \text{血管抵抗}$$

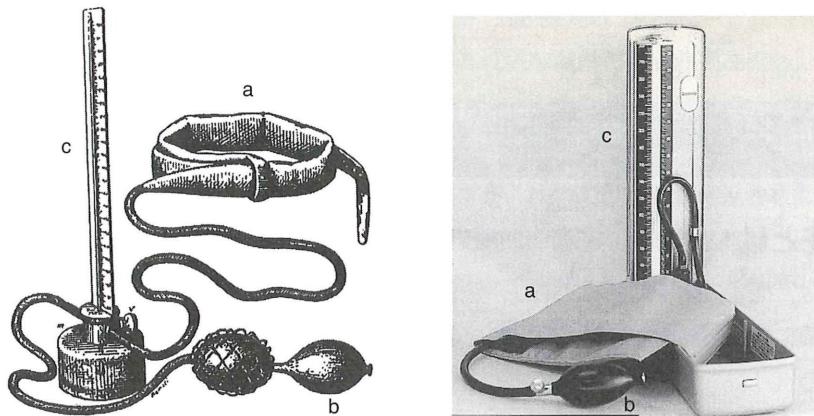


図 1-24. Riva-Rocci が考案した血圧計（左）と現在よく使われているタイプの血圧計（右）

両者で基本的な形態はほとんど変化していない。

（a ; カフ, b ; 圧球, c ; 水銀圧力計, 左 ; Zanchetti ら, 1996 より引用）

d. 動脈圧

動脈の内圧を測定すると、心周期と同期した変動がみられる。図 1-25 に動脈圧波形を示す。上行脚と下行脚からなり、下行脚に切痕がある。切痕は、大動脈弁が閉鎖するときの小振動の反映であり、これにより収縮期と拡張期に区別される。最大値が収縮期血圧（最大血圧）、最小値が拡張期血圧（最小血圧）、両者の差が脈圧である。

ふつう、血圧を測定する上腕動脈では

$$\text{平均血圧} = \text{拡張期血圧} + \frac{1}{3} \text{ 脈圧}$$

に近似される。

動脈圧波形は、心臓から大動脈、末梢動脈へ伝播していくにつれ、波形が変化する。した

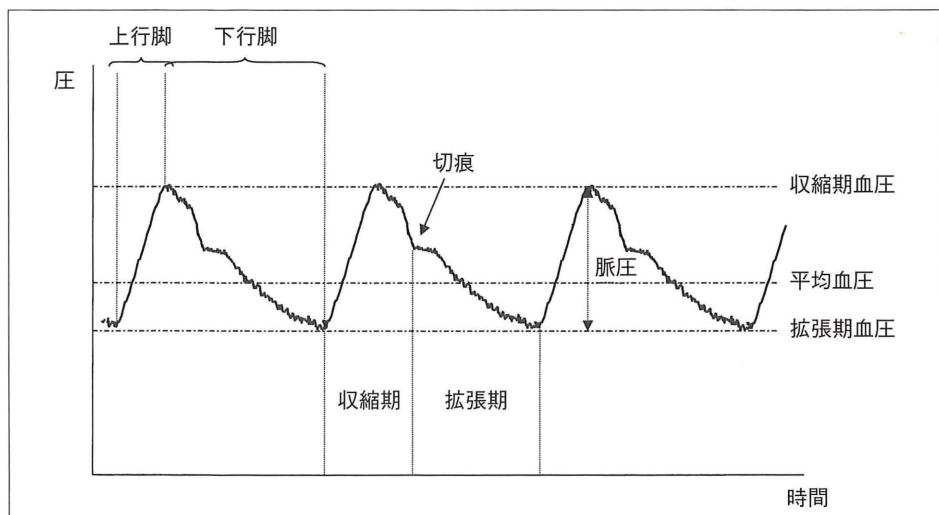


図 1-25. 動脈圧波形の構成

がって係数 1/3 は、部位により異なる。動脈圧波形は末梢に進むに従い、上行脚の立ち上がり速度が大きくなり、切痕が消退し、収縮期血圧が上昇し拡張期血圧が低下して脈圧が増大する。

e. ヒトの血圧測定法

1) 直接法

直接法は動脈内にカテーテルなどを挿入し、その内圧を圧力計で測定することにより動脈圧を直接測定する方法で、1拍ごとの正確な測定が連続して可能である。精緻な測定が必要な場合は有用ではあるが、観血的かつ侵襲的でコストもかかり、現実的には循環動態研究や ICU, CCU, 手術室などの重症患者のモニターなど限られた状況下でないと施行されていない。

圧力測定には、体外に圧トランスデューサーを備える方法とカテーテルの先端部に圧トランスデューサーを備えて体内で測定する方法がある。前者の場合、カテーテルと圧トランスデューサーの位置の差による静水圧の影響を補正する必要がある。最近は、簡便なカテーテル先端型トランスデューサーが普及してきている。

2) 間接法

間接法は日常臨床の現場で頻用されている。聴診法が最も一般的であるが、近年、各種の非観血的自動血圧測定装置も普及してきている。

a) 聴診法

聴診法は、簡単な方法のわりに比較的正確な測定値が得られ、100 年にわたる歴史から、臨床的、疫学的に実績のある確立された方法である。聴診法は、利点の多い反面、1 日に約 10 万回生ずる心拍動時の血圧の、ある 1 点のサンプルしか得られず、測定誤差が入りやすい点が問題である。

測定機具はゴム囊を内包した圧迫帯 (manchette, カフ), ゴム囊に連結した圧力計 (水銀圧力計 sphygmomanometer または Tycos 型圧力計) と圧球、これらを連結するゴム管と弁よりなる (図 1-24)。標準的にはカフの幅は腕周の 40 % 程度、幅と長さの比がほぼ 1 : 2, 標準品は幅 12.5cm, 長さ 23cm である。圧力計は水銀血圧計 (Riva-Rocci 型) が一番普及している。

測定は通常、上腕で行う。カフを上腕に巻き、カフの末梢の上腕動脈の拍動をよく触知できる場所に聴診器を置く。圧球でカフに空気を送って圧を十分高める。その後圧を徐々に下げる時、心拍と一致した血管音 (コロトコフ (Korotkoff) 音) が聴こえはじめる。このときの圧力計の値を収縮期血圧とする。さらに圧を下げていくとコロトコフ音が急に減弱または消失する。この時の圧力計の値を拡張期血圧とする。減圧の速さは測定点付近では 1 拍動 2 mmHg 程度とする。直接法と比較すると聴診法は多くの場合よく一致している。しかしコロトコフ音の発生機序は、実はよくわかっていない。また、とくに拡張期血圧はコロトコフ音の減弱や消失と一致しない例もあり、拡張期血圧の測定は誤差を生じやすい。

b) 触診法

聴診器を用いずに動脈を皮膚の上から触知するほかは、聴診法と同様である。カフ圧を徐々に下げる時、心拍と一致した拍動の触知がみられ、この時の圧力計の値を収縮期血圧とする。この方法による欠点としては聴診法よりも低い値が出る傾向にあること、さらに、拡張期血圧を測定できないことがある。

c) マイクロホン法とオシロメトリック法

マイクロホン法は、コロトコフ音の性状を測定者が聴診器を用いて聴診して判定するかわりに、マイクロホンを用いて電気的に判定する。また、オシロメトリック (oscillometric) 法は、カフ圧の脈圧による振動を圧センサーで増幅して血圧を判定する。ともに聴診法の応用の自動血圧測定法で、測定者が必ずしも必要ではない。比較的頻回に定期的に血圧測定を必要とする場合に、広く臨床の現場に用いられている。最近では、家庭血圧測定装置として一般向けに商品化され家庭にも普及してきている。上腕、手首、指の各部位用があり、オシロメトリック法を用いているものが多い。

d) フィナプレス法

フィナプレス法は非観血的に1拍ごとの動脈圧を連続して測定できる方法である。指尖部などに一定の光を照射し、その透過または反射光量の変化により血液含有量の変化すなわち容積波を測定するのが光電容積脈波法 (photoelectric plethysmography) である。フィナプレス法はその応用で、光電つきのカフを装着し、透過受光量が一定になるようにカフ圧を調節し、この圧力により動脈圧波形を連続的に測定する。カフ圧の調節に空気サーボシステムを用いて簡素化・軽量化に成功した製品フィナプレスに由来する。指尖容積脈波法、指尖容積補償型血圧測定などの言い方がされてきたが、近年、フィナプレス法の名称が普及している。問題点として、指に圧を加えるためにとくに長時間にわたると疼痛が出現しやすいこと、皮膚の性状によっては測定不能となること、末梢血管が収縮している場合は正確に測定できない場合があることなどがある。近年、指に加わる圧の負担を減らすために指2本を交互に使用する改良型も登場している。さらに、軽量化されて携帯可能で24時間自由行動下での血圧測定が可能なものもある。

e) トノメトリー法 (図1-26)

トノメトリー法は、1拍ごとに非観血的に連続して間接法で血圧を測定する方法である。選択する血管の条件は、皮膚からみて、しっかりとした骨や腱を土台とした位置に表在し、ある程度の直径をもつ動脈であることで、通常、橈骨動脈が最もよく用いられる。頸動脈、大腿動脈、足背動脈でも測定可能である。原理については、ここでは簡単に述べる。その詳細は専門書を参考にしてほしい。血管壁では、外圧=内圧+張力/半径 (張力は内外圧差と半径の積)となるが、動脈とセンサーの間に扁平な接触面を形成すると、半径は無限大となって、内圧=外圧となり、内圧の値と変動を外圧として測定できる。複数の微小センサーエレメントを有する圧センサーから圧トランスデューサーを介して測定する。ただし、絶対値の確定には、オシロメトリック法を併用して、補正をする。観血的方法との比較では、血圧波形、1拍ごとの血圧変動、短期間の平均血圧など、良好な相関を示す。臨床面では、自律神経機能検査などで、

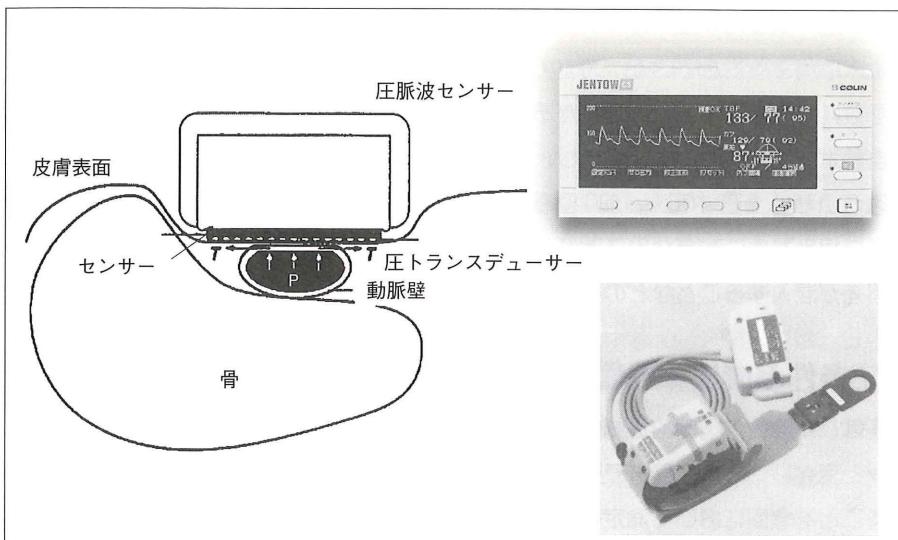


図 1-26. トノメトリーによる測定機（右下；本体，右上；圧脈波センサー）と
その測定の仕組み（左）

動脈とセンサーの間に扁平な接触面を形成すると、張力を無視して内圧を外圧として
測定できる（P；動脈内圧，T；張力）。
(Sato ら；1993 より引用改変)

短時間の血圧変動を詳細に測定するのに優れている。また、動脈圧波形を非観血的に簡便に測定できるため、加齢、動脈硬化、心血管疾患のモニタリングが可能で、予防医学への応用が期待されている。

f) 携帯式血圧測定法（図 1-27）

血圧を 24 時間にわたり無拘束の日常下で測定すると、その日内変動が観察され、この臨床

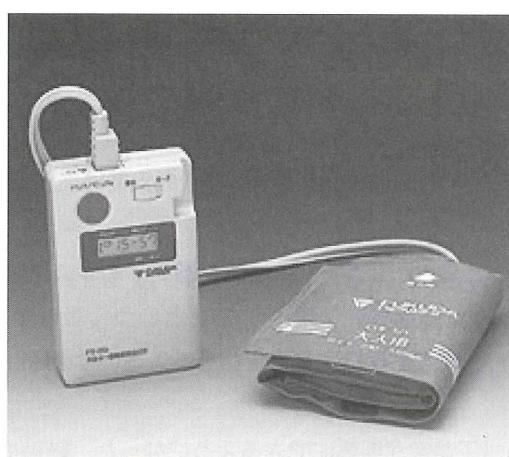


図 1-27. 携帯式自動血圧測定装置の一例

大きさ 7.3 × 11.5cm、厚さが 3.1cm、重量が約 275g と軽量化
されてきている。約 200 回の測定が可能である。

的意義が近年明確になってきている。そこで、間接法による携帯式自動血圧測定装置が開発され、臨床応用されてきている。カフの加圧の雜音や加圧に用いる炭酸ガスの量が限られるので測定回数に制限があるなどの欠点があったが、最近は小型軽量化など改良がすみ、雜音の少ない自動ポンプ方式のものが登場し、手軽に使用できるようになった。ただし、これらのサンプルはせいぜい1日100～300回程度で、1日10万回ある心拍動時の血圧の0.1%ほどの情報量に相当するにすぎないこと、拡張期血圧の精度に問題があること、体動やカフのズレによる誤差が混入することなどの問題がある。

f. 測定条件と血圧の評価

血圧は、精神的・肉体的活動によって容易に影響を受ける。日常生活の種々の活動に対応して刻々と変化し、1日のうちでも、時間帯によって変化が大きい。本来血圧は変動しうるものであることを念頭において測定条件に注意を払っていないと、日々の血圧測定の判定、評価も誤りやすくなる。

血圧に影響を与える因子としては、食事、喫煙、運動、精神緊張、入浴、睡眠、会話、騒音、環境温（寒冷と温熱）、身体因子（膀胱充満、疼痛などの身体の不快刺激）、薬物などがある。また、臥位と立位で違いを生じる場合や、不整脈のある例では測定値がばらつきやすい。

血圧は測定条件によって異なる（表1-1）。

表1-1. 測定条件と血圧

基礎血圧 (basal blood pressure)	
準基礎血圧 (near basal blood pressure)	安静時血圧 (resting blood pressure)
隨時血圧 (casual blood pressure)	病院血圧、診療所血圧 (office blood pressure)
家庭血圧 (home blood pressure)	
無拘束下血圧 (ambulatory blood pressure)	

基礎血圧とは、上記のような血圧に影響を与える因子を可能な限り除き、安静臥位で基礎代謝率を測定するような条件下での血圧値である。本態性高血圧などの予後に最も相關するというが、特殊な場合を除いてその測定は難しい。極力これに近く実測可能な血圧としては準基礎血圧がある。日常診療では、15分間以上安静臥位後の安静時血圧を基礎血圧の近似値として用いる。

日常診療や身体検査のときは、なるべく血圧に影響を与えるような因子を避けた座位測定値を用い、これを隨時血圧または病院（診療所）血圧という。患者を5分間以上椅子に静かに座らせて、足を床につけ、腕を心臓の高さに保たせる。適切な血圧計とカフを使用し、2回以上測定する。

近年、家庭などでも血圧測定が手軽にできるようになった。隨時血圧または病院（診療所）血圧に対して家庭血圧といわれている。現在日本には約3000万台の家庭血圧測定装置があり、さらに急速に普及しつつある。上腕、手首、指用の各種がある。オシロメトリック法を用いているものが多いが、精度のうえから上腕カフ装置がまさる。

今井らは、朝起床後1時間以内、排尿後、1～2分の安静座位、服薬前、朝食前の朝1回と、就眠直前の1～2分の安静座位の条件下、夜1回の1日2回の測定を勧めている。家庭血圧は、病院（診療所）血圧よりも一般的に低値をとる。この差は「白衣現象」と呼ばれ、医療環境下という測定条件の影響があると考えられる。

家庭血圧測定装置の普及は、間接法100年の歴史の中でも大きな変化といえる。家庭血圧は観測点が多いので、測定条件に注意して精度の高い装置を用いれば、血圧診療に貢献することが大であると期待されている。

無拘束下血圧測定 ambulatory blood pressure monitoring (ABPM) では、日中活動時および睡眠時の血圧を連続的に知ることができる。白衣高血圧の判定や、薬物コントロールの指標、心血管疾患のリスクとしての夜間血圧下降の把握、神経疾患などの自律神経障害による血圧異常の評価などに有用である。

表1-2. 成人における血圧の分類 (JSH 2000)

血圧分類	収縮期血圧 (mmHg)	拡張期血圧 (mmHg)
至適血圧	< 120	かつ < 80
正常血圧	< 130	かつ < 85
正常高値血圧	130～139	または 85～89
軽症高血圧	140～159	または 90～99
中等度高血圧	160～179	または 100から109
重症高血圧	≥ 180	または ≥ 110
収縮期高血圧	≥ 140	かつ < 90

表1-3. 18歳以上の成人の血圧分類と管理 (JNC-VII)

血圧分類	収縮期血圧 (mmHg)	拡張期血圧 (mmHg)	ライフスタイル適正化	管理 ¹⁾	
				初期薬物治療	
				積極適応なし	積極適応あり
正常	< 120	かつ < 80	推奨	降圧薬治療の必要なし	積極適応に対する薬剤 ³⁾
前高血圧	120～139	または 80～89	必要	主としてサイアザイド系利尿薬、ACE阻害薬、ARB、β遮断薬、Ca拮抗薬を単独あるいは併用を検討	積極適応に対する薬剤。必要に応じてその他の降圧薬（利尿薬、ACE阻害薬、ARB、β遮断薬、Ca拮抗薬）を選択
ステージ1 高血圧	140～159	または 90～99	必要	主として2剤併用 ²⁾ (通常は、サイアザイド系利尿薬とACE阻害薬、ARB、β遮断薬またはCa拮抗薬)	
ステージ2 高血圧	≥ 160	または ≥ 100	必要		

ARB : アンジオテンシンII受容体拮抗薬

ACE : アンジオテンシン変換酵素

1) 最も高い血圧カテゴリーで治療法を決定する。

2) 初期併用治療は、起立性低血圧リスクを有する患者では慎重に行う。

3) 慢性腎疾患または糖尿病患者では降圧目標値<130/80 mmHgまで治療する。

g. 血圧値による血圧の分類

血圧基準値、高血圧診断基準については時代によって変化してきている。かつては境界域高血圧（140～160/90～95 mmHg）以上、つまり 160/95 mmHg 以上を薬物療法の対象となる高血圧と診断することが多かった。世界保健機関（WHO）と国際高血圧学会 International Society of Hypertension (ISH) の合同ガイドライン (WHO/ISH) 1999 年版を受けて、日本高血圧学会 Japanese Society of Hypertension (JSH) は、日本人のエビデンスを盛りこんで高血圧治療ガイドライン JSH2000 を発刊した（表 1-2）。これでは随時血圧で 140/90 mmHg を境にそれ以上を高血圧としている。日本人においてもこれを境にして心血管系疾患の発症が有意に増加するという。また、2003 年 5 月に米国合同委員会 Joint National Committee (JNC) の第 7 次報告 (JNC-VII) でも成人の血圧分類と管理（表 1-3）について定め、収縮期血圧 120～139 mmHg または拡張期血圧 80～89 mmHg の前高血圧から、ライフスタイルの適正化を勧めている。

一方、低血圧については、これは動脈圧が低下した状態で、高血圧ほど明確な定義があるわけではなく、WHO/ISH や JSH2000 のような診断基準は作られていない。一般には収縮期血圧 100 mmHg 未満で、拡張期血圧は通常問題としない。大きく分けると本態性低血圧に代表される慢性低血圧と起立性低血圧に代表される急性低血圧がある。また基礎疾患の有無で一次性と二次性（症候性）に分けられる。これらについての詳細は、このあとの章で述べられる。

（新美由紀）