

カフを加圧中に測るか？それとも減圧中に測るか？ それが問題だ！

血圧測定、先進のNIBPシステムはどちら？

尾崎 眞



尾崎 眞 / おざき・まこと

1981年旭川医科大学医学部卒業、東京女子医大麻酔科研修医となる。1983年東京女子医大麻酔科助手、麻酔科標榜医(第3468番)、1987年麻酔指導医(登録番号1490番)、1991年医学博士学位取得。1992年1月～96年1月までカリフォルニア大学サンフランシスコ校リサーチフェロー。1994年東京女子医大麻酔科講師、1998年東京女子医大麻酔科助教授。

専門分野は、(1)麻酔と体温調節機構(2)麻酔・集中治療とモニタリング(特に脳波、誘発脳波)(3)問題志向型医学教育特に臨床医学への応用(特にtutorial教育)。医療におけるコンピュータの利用を積極的に推進している。医療情報学会評議員、臨床モニター学会評議員、麻酔・集中治療テクノロジー学会評議員を務める。

1. NIBPシステムとその原理

NIBPすなわち非観血的血圧測定モニター(Non Invasive Blood Pressure Monitor)のシステムは、現在手術室、集中治療室はもちろん、救急室、透析室などさまざまな臨床場面でなくてはならない、基本的な血圧という生体情報を得るためのシステムです。10年前までは、日本においては非観血的血圧測定といえば、聴診器を使ってコトコト音の出現と消失を聴取る手動血圧測定が一般的でしたが、数年前よりほとんどの臨床の場で、いわゆる自動血圧計と呼ばれる機器が普及してきました。

この自動血圧計には、歴史的に2種類の原理が知られています。聴診法と振動法です。聴診法は手動の血圧測定と同じことで、通常肘部の上腕動脈上にマイクロフォンを置き、カフにより閉塞された動脈末梢のコトコト音の出現と消失を捉えるのです。しかしこの原理は手術室や集中治療室、また救急外来などの場では、低血圧を捉えるのに問題があったためすたれ、現在ではスポーツクラブや一般病棟での日常の血圧測定にのみ用いられる傾向にあります。聴診法の次に出現してきたのが振動法(Oscillometric Method)による自動血圧計です。

この振動法による自動血圧計は、NIBPシステムといえばそのことを指すように既に確立されたテクノロジーです。その原理は、カフそのものに伝わる動脈の拍動による圧変動を利用したもので、カフを加圧していくにつれて心拍振動が収縮期・拡張期の間の血圧レベルで生じてきて、その最高心拍レベルが平均血圧周辺で現れることを利用したものです。これらのカフに伝わった心拍振動を圧変換器により、電気的信号に変換し、ソフトウェアにより血圧レベルを測定するためにモニター内で演算処理して、結果を血圧値として表示していました。

この辺りのことを図示したのが図1です。図1では、血圧計のカフを加圧していく過程での実際の動脈圧波形(1)とカフの加圧状況(2)そしてカフに伝わる振動(3)を時間経過と共に描いてあります。カフを加圧していくに連れて、実際の動脈圧波形がカフに伝わって心拍振動としてどう捉えられるのか、この図でよくわかります。そしてその振動は、拡張期圧付近で出現し、カフの圧が平均血圧周辺で最大になり、収縮期圧を越えた辺りで消失します。従って、この

振動の出現から最大圧になった時と消失時のカフの加圧値を振動の電気的解析により捉え、ソフトウェアにより演算させることができれば血圧を得ることが可能になります。

2. カフを加圧中に測るか？それとも減圧中に測るか？

ここでカフに伝わる振動波形からお気づきのように、振動法により血圧を測定するには大きく2つの方法が考えられます。1つ目は、図1で説明を受けると単純にごく自然に思いつくカフの連続的加圧の過程で拡張期、平均血圧、収縮期と順に血圧測定しようというもので、2つ目は、逆にある程度の目安を立てて一気にカフを収縮期圧より以上に加圧しておいて、段階的に除圧していく過程で心拍振動により逆に収縮期圧、平均血圧、拡張期圧を演算しようとする方法です。

ソフトウェアのアルゴリズム的に後者の方法の方が簡単に出来上がったために、NIBPシステムの代名詞と言われているダイナマップ社の自動血圧計をはじめとして、現在市場にあるほとんどのNIBPシステムは、この除圧過程による血圧測定方法を採用していました。従いまして、これらのシステムでは、採用されているアルゴリズムに若干の違いはあるというものの、大部分は測定を開始しますと、まずカフが成人ですと大体150～170mmHg前後まで一気に加圧し、それから除圧する過程で血圧測定を行います。実際の血圧がそれよりも低い場合でも、最初の測定時には不必要に腕をカフで締め付けられるために不快感を与えたり、余計な時間を必要としました。また実際の収縮期圧が150mmHgよりも高かった場合には、測定できませんので、いったん除圧し終わった後で、再測定として今度は210mmHg辺りを狙って加圧していきます。この場合にも余計な時

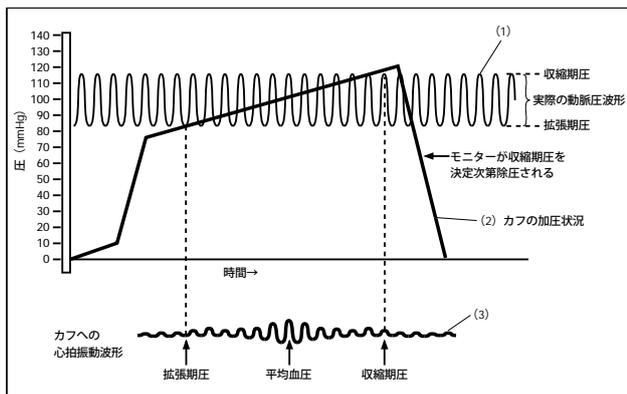


図1:カフ圧とカフへの動脈振動の関係(加圧式NIBPの原理)

間を費やし、不快感を引き起こす可能性があります。もちろん最近のシステムでは最初の圧を参考にしますので、2度目以降は、最初の測定値の近傍まで加圧しますので、無駄な再加圧はなくなります。

一方、カフを加圧していく過程での血圧測定を可能にするアルゴリズムを実現するソフトウェアはなかなかうまくいきませんでした。3年ほど前に実用化して実際の市場にデビューさせたのが米国クリティケア社のジェントラーと呼ばれるNIBPシステムです。このシステムでは、図1を再度ご覧になればわかりますように、収縮期圧を得れば即座にカフが除圧されますので、皮膚の弱い方のカフ部の皮下出血が少なくなり、もしカフを巻いてある方の腕に点滴をしている場合はその輸液妨害の減少、測定時間の短縮、患者の不快感の減少などの、前述した除圧型血圧計の問題点を解決してくれるものです。

3. 20名の女性と21名の男性で不快感、血圧測定時間を比較したところ

そこで、我々は21~45歳の比較的若い集団で20名の女性と21名の男性にて、この加圧型の自動血圧計と標準機としてダイナマップを用いて、左右どちらかの腕に、どちらかわからないようにして装着して、血圧測定を行い、血圧測定時間、測定中の不快感を0~100のビジュアルアナログスケール(VAS=visual analog scale)にて(0が心地よく、100はいままで以上に体験した中で最も不快)、血圧値もダイナマップとの一致度を検証しました。その結果、実際の血圧値の一致度を残差分析したところ平均値±標準偏差で示すと収縮期圧では -4 ± 9 mmHgで、拡張期圧では -2 ± 6 mmHgと極めてよく一致し、測定時間では加圧型の方が 25 ± 3 秒であったのに対して、減圧型の従来型では 29 ± 5 秒と有意に短く、また不快感を示すVASでは、加圧型が 45 ± 14 mmであったのに対して 58 ± 17 mmと有意に不快感が強い結果が出たのでした(図2)。この結果は、昨年San Diegoにて開催されました米国麻酔学会でポスター発表され(Anesthesiology 1997;87:A431)、その際に是非次回には若年者群ではなくて、高齢者それも動脈硬化があり、血圧の高い群でどうなるか比較してみてくださいとコメントされました。そこで・・・

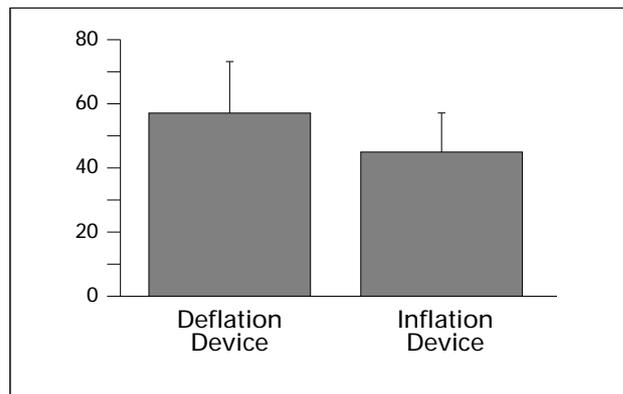


図2:Deflation(減圧)型とInflation(加圧)型との測定時のカフ不快感の比較。有意に加圧型の方が低かった。

4. 10名の若年者群と10名の高齢者群との比較

上記の方法と測定項目で同じように検証してみました。すると、表1のように測定時間は高齢者群では、加圧型で 27 ± 6 秒だったのに対して減圧型では 40 ± 12 秒と若年者群よりも有意に加圧型で短くなっていました。これは高齢者群で高血圧が多かったので、減圧型では原理のところでも説明しましたようにカフの再加圧により時間を要した結果でありましょう。VASで計測しました不快感は加圧型では 45 ± 14 mmであったのに対して、 53 ± 16 mmと減圧型で有意に不快感が高くなっていました。この結果は、今年の米国麻酔学会に応募しています。(どうか採用されますように！)

5. 期待される加圧型自動血圧計の臨床での活躍

このように、加圧型自動血圧計の有用性がだんだんとわかってきたわけですが。減圧型においても実際には最近の機種ではほとんどインテリジェント機能が付いているために、もしカフの加圧が最初は現実の収縮期圧より高いポイントまで加圧したとしても、2度目からはその実際の血圧値を参考にしてその前後までしか加圧してきませんので、時間的にも不快感の点からも1回目の測定時に比較しますと、加圧型自動血圧計との差は少なくなってきます。しかし、意識のある例えば脊椎麻酔下での使用を考えてみた場合には、血圧の変動が速いですから除圧型のインテリジェント機能もあまり役に立たず、そして不要に加圧され、また再加圧を繰り返されて意識があるだけに不快感が強まります。透析患者さんの管理も同様です。血圧の変動が大きな場面で意識がある状態、そんな場所には今後はこの加圧型自動血圧計が必須になっていくのではないのでしょうか。

値は全て平均値±標準偏差、*は有意差あり。

	Inflation	Deflation
Time Young (s)	25±3*	29±5*
Time Elderly (s)	27±6*	40±12*
Discomfort Young (mm)	43±16*	51±18*
Discomfort Elderly (mm)	45±14*	53±16*

表1:Inflation(加圧)型とDeflation(減圧)型

NIBPモニターで、若年群、高齢者での計測時間(秒:s)、不快感(VAS:mm)の一覧