

JOURNAL

January, 2003



# 血液ガスへの 個人的な「思い」と「思い出」

帝京大学 諏訪 邦夫





諏訪邦夫 (すわくにを)

東京大学医学部医学科卒業、マサチュ - セッツ総合病院レジデント、ハー バード大学助手、カリフォルニア大学 助教授、東京大学助教授を経て、現在 帝京大学教授。専門は麻酔学。呼吸管 理と血液ガスの問題、呼吸と循環のシ ミュレーションなど。「パソコン」、「情 報」などの領域にも著作あり。

趣味は音楽(いわゆるクラシック)、運 動 (野球、水泳)。



#### 血液ガスとの出合い

私は、1963年から1966年までボストンのMGH でレジデントと助手として働きました。当時の MGH麻酔科は丁度血液ガス測定が緒につき、『麻 酔と血液ガス』の研究が活発で、特に肺酸素化の障 害の研究が豊富で、ちょっと数えても1963~1966 年(私がMGHにいた期間)に20編ほどあります。 そうして、名著 "Respi-ratory Care" も書かれてい

この MGH の血液ガス研究に対する私自身の寄 与はわずかでしたが、個人的には大切でした。一 つはそういう研究の進行や論文を手がかりに血液 ガスをいろいろ勉強した点であり、もう一つは血 液ガス研究の中心だったレーバー (Myron B Laver) 先生や呼吸管理研究の中心のベンディクセ ン (Henrik H Bendixen) 先生と深く付き合った点 です。1966年に帰国しましたが、呼吸管理・呼吸生 理の論文を帰国直前にJAP(J Appl Physiol)に投稿 して、1968年になって掲載されました。

[特集]血液ガスへの個人的な「思い」と「思い出」

手術室におけるABL77の使用経験 6 東京大学医学部附属病院 麻酔科 助教授 西山友貴

血液ガス電解質システムABL77の性能—ABL700との比較— 広島大学医学部附属病院 手術部 福田秀樹 高橋秀暢

ポータブル血液ガス・電解質分析装置の基礎的検討 13

Information 16

QA (Quality Assurance) とは、 『常に質(内容)を確認し、継続的な向上を 目指す』という意味で、Radiometer™の 基本コンセプトです。

セッサーが搭載され

たABL1



#### サンディエゴの経験と セブリングハウス教授

1969年から72年まで、UCSD (カリフォルニア 大学サンディエゴ校)に所属して、病院の血液ガ ス検査室を任されました。当時の血液ガス測定 は手動装置で管理が大変でしたが、手を加えれば それだけのことがあって面白く勉強になりまし た。

たとえば、最初はBMS-3(ラジオメーター社の 装置の機種名、アメリカでは「ロンドン」という 会社が扱っていた)一台だけで開始しましたが、 すぐ不足になってもう一台買ってもらいました。 しかし、電極部分は不具合になることが多いので す。BMS3は電極ユニットとアンプ/メーターユ ニットが完全に分離していたので、さらに電極ユ ニットだけ買い足してもらいました。しかし、そ れでは電極ユニットが3台とも動いて居る時は ムダなので、アンプとメーターを自作しました。 といっても、当時できた FET オペアンプに一寸 した付加回路をつけてアンプとし、メーターはラ ジオシャックという町の電気屋で購入したもの



同じカリフォルニア大 学に所属した恩師、 セブリングハウス先生

で、たしか250ドルくらいで作ったはずです。正 規に購入すると1500ドルくらいでしたから、得 意になりました。

サンディエゴに赴任して間もなく、セブリング ハウス (JW Severinghaus) 先生と伸好しにな りました。先生はサンフランシスコで私はサン ディエゴでしたが、同じカリフォルニア大学に所 属して、専用回線でつながっていて直接(交換台 を介さずに)電話できます。サンフランシスコと サンディエゴは500キロ以上も離れていますが、 メールもファクスもない時代に直接電話で自由 に話せたのはありがたかったものです。

先生が私をすでにご存知だったのには理由が あります。上に書いたJAPの論文の査読の際、先 生はこの雑誌の編集代行でした。私の論文の直 接の査読者はジョンスホプキンス大学(ボルディ



電極ユニットが分離し

#### 血液ガスと呼吸管理関係の年表

1891	外腔式の提案	(Bohr C)

- 1896 シャント式の提示 (Sackur P)
- 1899 気管内挿管の開発 (Matas R)
- 1904 酸素解離曲線に対する二酸化炭素の作用:ボーア効果(Bohr C)
- 1905 水素イオンの測定(Nernst WH)
- 1909 水素イオン電極の開発 (Haber F)
- 1909 pH の概念(Soerensen SPL)
- 1910 酸素解離曲線に関するヒルの式の提案 (Hill AV)
- 1920~ 酸塩基平衡と酸塩基調節の概念(Van Slyke DDら)
- 1920頃 気管内挿管が手術室での麻酔法として普及
- 1925 ポーラログラフィ (Heyrowsky J)
- 1928 血液ガスノモグラム (Van Slyke DD, Sendroy J)
- 1929 肺胞界面活性の発見 (von Neergaard K)
  - 鉄の肺の開発 (Drinker P)
- 1932 オキシメーター発明 (Nicolai L)
- 1933 ヘモグロビン測定用分光光度計開発 (Millikan GA)
- 1934 ニコライのオキシメーターを改良、実用化(Kramer K)
- 1949 オキシメーターを実用品として完成(Wood EH)
- 1950 北欧とアメリカでのポリオの流行
  - 気管内挿管と気管切開による長期人工呼吸の確立
  - ICU の創始
- 1954 Pco2 電極 (Stow RW)
- 1955 人工呼吸のノモグラム (Radford EP)
- 1956 Po2 電極 (Clark LC)
  - マイクロトノメトリによる Pco2 測定(Astrup P)
- 1958 改良型のPo2 電極とPco2 電極を発表 (Severinghaus JW)
- 1960頃 A-aDo2 が臨床状況で開大する事実の確立
  - 血液ガス装置が市販品として発売
- 1962 オンディーヌの呪いの記述 (Severinghaus JW)
- 1964 Handbook of Physiology. Section 3. Respiration. Vol 1. 発行
- 1967 ARDSの提案 (Ashbaugh DGら)
  - 酸素解離曲線と2,3DPGの相互作用発見(Benesh Rら、Chanutin Aら)
  - 血液ガスをコンピュータで計算するプログラム(Kelman CR)
- 1968 血液ガス用計算尺 (Severinghaus JW)
- 1970 PEEP (Ashbaugh DGら), IMV(Kirby RRら)などの換気パターン開発
  - 高濃度酸素の毒性の確立
- 1973 ABL-1 発表(全自動型血液ガス測定装置:Radiometer)
- 1974 パルスオキシメーターの発明(青柳卓雄)
- 1980 パルスオキシメーター完成
- 1984頃 Permissive Hypercapnia の創始(Hickling KG)
- 1986 血液ガスの歴史書発行 (Astrup P, Severinghaus JW, 吉矢・森 訳は 1989)
- 1990 NIPPV(non-invasive positive pressure ventilation) 2000 Permissive Hypercapnia と小換気量人工呼吸法の確立



鉄の肺



気管切開による人工呼吸

モア)のパーマット(S Permutt) 先生で(これは後に、直接教えて頂きました)、手厳しいコメントでしたが、それに対してセブリングハウス先生がいろいろと助けて下さったのです。一風も二風もかわった論文で、しかも日本からのやり取りでしたから強く印象に残ったと、後で云われました。

こうしてセブリングハウス先生を電話師匠と して、一種の通信教育で血液ガスの細かい問題ま でいろいろマスターしました。

先生とはその後何回お会いしたでしょうか。 日本にも何度もいらっしゃり、外国の学会や研究 会でもお話して、いつもたくさんのことを学ばせ て頂きますが、特にパルスオキシメトリー研究会 の招きでいらした時に対談の相手を務めて生い 立ちなどを伺い、長文の記録を残せたのを嬉しく 感じています。



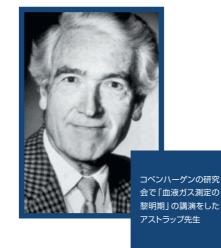
#### 全自動式血液ガス測定装置と 血液ガスの教科書の関係

1972年末に帰国して後、雑誌の依頼で原稿を 書き講義にも出かけました。臨床肺機能講習会 (現在の臨床呼吸機能講習会)の講師は、1974年 から務めています。

ある時、そうして書いた血液ガスの解説文のコピーもって、中外医学社の荻野邦義氏が大学の手術室にいらして、「この調子で血液ガスの本を書いて欲しい」との依頼を受けました。その時点まで、「本を書く」意識はなかったので驚きましたが、すぐ思い直してイエスの返事をして、間もなくできあがったのが『血液ガスの臨床』です。

今読んでみると、ずいぶん面倒くさい、むずか しい書き方をしてありますが、一方でよく勉強も してあり、わからせようという努力もみえて嬉し くも感じます。ともあれ当時、「血液ガスの教科 書」は世界にもなかった時代で、好評に受け入れ られました。

この時、大変な好運に恵まれました。その少し 前に「全自動式血液ガス測定装置」をラジオメー



ターがABL-1で先鞭をつけ、ついで他の各社も相次いで発売し、血液ガス装置が急速に普及した点です。その時点までの血液ガス測定器はデリケートで扱いにくく、血液サンプル量も多く速度も遅く、用途は「臨床研究」で、使う人も限られていました。しかし、「全自動式血液ガス測定装置」のお蔭で測定器が扱いやすく安定して作動するようになり、サンプル量も少なく速度も急速に改善して、血液ガス測定はルーチン検査となったのです。そこで、勉強する人数が大幅に増えて、その人たちが私の本の読者になって下さいました。

数年後、手元に中国から小包がとどきました。開けてみると、『血液ガスの臨床』の中国語訳です。正規の手続きを経ていない『海賊版』ですが、当時の中国の方々は悪いとは思わず、訳者自身が「あなたの本を訳した」と送って下さったのです。奥付によると流石に人口の多い中国で、日本の販売数の数倍にあたる約1万部を初版で刷っています。ただ、定価は日本円で15円で、正規の手続きを経て訳しても私の収入は微々たるものと納得した記憶があります。後になって中国に行ったとき、「君の本は読んだ人が多いから、中国では有名人だ」とお世辞を云われました。

その後、読者からの要望に答えて、やや簡略にした「血液ガストレーニング」を、さらに簡略で小型にした「血液ガスABC」を同じ出版社から出しました。「血液ガストレーニング」は、この種の本としてはめずらしく当時関心を抱いていた「患者の体力」の問題も概観しており、また要領よく書かれている故か、改訂を続けて現在も寿命を維持しています。



#### アストラップ先生とのほのかな出合い

最後にアストラップ先生とのほんのわずかな お付き合いのことを書きます。

ラジオメーターの血液ガス装置は長い間真興 交易㈱が扱っていましたが、1991年になってデ ンマークの本社が日本に支社を置いて直接扱う ことになりました。そのお祝いの式典にアスト ラップ先生が来日して『地球における酸素環境の 成り立ち』といった内容の記念講演をされまし た。

スライドも何もない言葉だけの話で、好意的に考えても『アストラップという偉い人の顔をみた』だけの価値しかありません。それで、式の後のパーティで「遠来のお客様に申し訳ないが」と前置きして、「血液ガス測定の黎明期、ポリオ流行のケアの苦労などを是非聴きたかった」と述べました。

1995年の初頭、コペンハーゲンで血液ガスの研究会に出席した時、アストラップ先生はまさにその「血液ガス測定の黎明期」を講演されまし

た。そうして、ディナーで一緒のテーブルについた私に "Are you satisfied this time?" (今度は満足だったかい?)とおっしゃってにっこりされました。私が感謝の意を表したのは言うまでもありません。



#### おわりに

血液ガスとその測定を学び始めてからほぼ40年を経過しています。いろいろと学び楽しみましたが、一つだけ残念なのは電気化学領域の認識が自分で満足できるレベルに達しなかった気分を残している点です。

- ♦ Bendixen HH et al. Respiratory Care. Mosby, St.Louis. 1965.
- ◆ Suwa K et al. J Appl Physiol 24:549-555.及び556-563. 1968.
- ◆「インタヴュー/血液ガス電極開発のいきさつなど-Severinghaus 教授 に聞く 呼吸と循環」35!:1227-1232. 1987 諏訪邦夫 (インタヴューと訳)
- ◆『血液ガスの臨床』中外医学社.東京.1976 諏訪邦夫著
- ◆『血液ガストレーニング』

中外医学社.東京.2000.改訂 4版(初版 1983) 諏訪邦夫著

#### 諏訪邦夫の血液ガス・呼吸管理関係の主な論文と著書

『血液ガス、酸塩基平衡の検査.綜合臨床』 27:407-413.1975.諏訪邦夫著(中外医学社の荻野氏はこれをみて、執筆依頼を思いついたという。)

『血液ガス測定値の温度補正. 麻酔』25:185-192.1976. 諏訪邦夫著

『血液ガスの臨床』中外医学社.東京,1976,諏訪邦夫著

『呼吸不全の臨床と生理』中外医学社,東京,1978. 諏訪邦夫著

『臨床検査ムック,血清電解質と血液ガス』金原出版.東京.1981.諏訪邦夫(企画編集)

『高頻度人工呼吸』チ―ム医療.東京,1982.諏訪邦夫(編)

『血液ガストレーニング』中外医学社.東京,1983. 諏訪邦夫著

『医学を変えた発見の物語 (JH Comroe, Jr. Retrospectroscope – Insight into Medical Discovery.)』中外医学社. 東京. 1984. (新訳, 1998) 諏訪邦夫訳

『呼吸管理トレーニング』中外医学社,東京,1984. 諏訪邦夫著

『パソコンで游ぶ血液ガス』中外医学社、東京、1985、諏訪邦夫著

『心臓をめぐる発見の物語(JH Comroe, Jr: Exploring the Heart. Norton, New York)』

中外医学社,東京.1987. (続医学を変えた発見の物語(改訳, 改題)として再発行,中外医学社.東京.1998.) 諏訪邦夫訳

『よくわかる酸塩基平衡』中外医学社.東京.1988. 諏訪邦夫著

『麻酔の科学』講談社,東京,1989. 諏訪邦夫著

『パルスオキシメーター』中外医学社,東京,1989. 諏訪邦夫著

「呼吸筋」レスピレーション リサーチ ファンデーション,東京,1989. 諏訪邦夫(監修)

『血液ガス ABC』中外医学社,東京,1990. 諏訪邦夫著

『酸素はからだになぜ大切か』 講談社、東京、1990、諏訪邦夫著

『医学の進歩と曲折の物語 (Silverman, Retrolental Fibroplasia)』中外医学社,東京,1990. 諏訪邦夫訳

『目でみる ARDS』メジカルビュー社,東京,1990. 諏訪邦夫(監修)

『ベッドサイドの呼吸管理』南江堂,東京,1990. 谷本普一,諏訪邦夫(編)

『パルスオキシメトリー』 医学図書出版 , 東京 , 1992. 諏訪邦夫(編集代表), 岩井誠三 , 島田康弘 , 高橋敬蔵 , 高橋成ぼ , 橋本保彦 , 三川宏(編集)

『医学の古典を読む』中外医学社,東京,2000. 諏訪邦夫著

## 手術室におけるABL77の使用経験

東京大学医学部附属病院 麻酔科 助教授 西山友貴



手術室では血液ガス、血算、電解質の測定は必須である。大病院は、手術室に大型の測定装置を置き、検査技師が常駐している。しかし、中小病院では中央検査室で測定しているのが現状であろう。これは運搬の人手と時間がかかる。そこで手術室に小型の簡易測定装置が必用となる。今回、小型血液ガス測定装置"ABL77"を使用する機会を得、携帯可能な"アイ・スタット"とその使用感を比較した。

#### 測定精度

血液サンプルを ABL700、アイ・スタット、ABL77で同時測定した結果、3 者とも同様の値を示し、精度には問題ない。 ABL77の測定方法が ABL700 と同様な点からも信頼性は高い。

#### 測定時間

アイ・スタットが 120-160 秒かかるのに対し、ABL77 は 70 秒前後と速い。またアイ・スタットは 冷所保存であるカートリッジを室温に戻すのに約 15 分必要となるが ABL は電源を入れておけばいつでも 測定できる。

#### 必用検体量

ABL77が85 μL、アイ・スタットが50-100 μLと 差がない。ABLは自動で血液を吸い上げ失敗はないが、アイ・スタットは血液を滴下、蓋で血液を押し進める方式なので、検体量が少なすぎたり多すぎたりし失敗することがある。



#### 移動性

アイ・スタットは小型軽量(約500g)電池式で移動に 便利、ABL77は約7kgと重いが、取っ手があり、バッ テリー内蔵で手術室内の移動に不自由は感じない。

#### メンテナンス

ABL77はセンサーカセットを2週間か50、100,あるいは150検体(パックによる)測定ごと、キャリブレーションパックを4週間か360回ごとに交換すればいい。しかし交換後の立ち上げに少し時間がかかるので手術中の交換は避けたい。アイ・スタットは現在定期的に業者がメンテナンスを行っている。

#### プリンター

アイ・スタットでは付属品となり使用してないため比較できないが、ABL77のプリンターは紙の切り離しをうまくしないと次回に紙がでてこない。この点はABL700の技術を基に改善が必要である。

#### 費用

本体は ABL77 がアイ・スタットより高い。消耗品は 50 検体を2週間以内に測定するとするとほぼ同等の コストとなる。100 サンプル以上では ABL77 がアイ・スタットより安くなる。しかしアイ・スタットのカートリッジ (25 検体分) は製造から (購入からでは ない)6か月、ABL77のセンサーカセットは使用開始 から2週間、キャルパックが4週間という使用期限があるため、2週間で25 検体以下の測定であればアイ・スタットの方が安くなる。ABL77 にも 25 検体用の センサーカセットが欲しい。

以上より、ABL77はセンサーカセットに少数サンプル用を追加、プリンターの改善が望まれるが、精度、速度、移動性、簡便性から中小病院の手術室で有用な血液ガス、電解質測定装置である。

## 血液ガス電解質システムABL77の性能

-- ABL700 との比較---

広島大学医学部附属病院 手術部 福田秀樹 高橋秀暢



右側より高橋秀暢 ME と麻酔科福田秀樹先生

キーワード

ABL77 血液ガス電解質 Bland-Altman 分析

広島大学医学部附属病院は病床数が729床で、手術室は中央手術室に9室あります。手術件数は全体で年間約4000例で、そのうち麻酔科管理の症例は約2200例です。麻酔科管理となる症例は全身麻酔、硬膜外麻酔、脊椎麻酔の症例が主で、伝達麻酔や局所麻酔症例は通常麻酔科管理とはなりませんが、患者の術前評価で重大な問題点がある場合は麻酔科管理としています。

観血的動脈圧測定を行う症例では、全例、手術中と手術後に血液ガス分析、電解質測定、一般血球検査、血糖値と乳酸値測定を行うようにしています。観血的動脈圧測定を行う症例は、開頭手術、開胸手術、開心術(人工心肺使用例)、開腹手術のうち胃全摘術、膵頭十二指腸切除、肝切除、結腸全摘術、広汎子宮全摘など手術侵襲が大きな症例、長時間手術症例、大量出血が予想される症例や患者の術前評価でASAのPhysical statusがクラス3以上の症例が主に該当します。観血的動脈圧測定を行わなかった症例でも手術中に何か合併症が生じた場合にはその都度必要な検査を行います。検査回数は1ヶ月で500~600回にも及んでいます。

ラジオメーター社製の新しい血液ガス電解質システム ABL77は小型軽量で持ち運びが可能、保守管理が簡単という特徴があります。測定項目はpH、PCO2、PO2、Na+、K+、Ca<sup>2+</sup>、Clr、Htで、検体量は85 μL以下と少量で済みます。今回われわれは人工心肺中の回路内の血液を用いて、ABL77とゴールドスタンダードな測定装置である ABL700 との比較検討を行いましたので報告します。

新しい測定方法を確立した測定方法と比較する場合、よく回帰分析で相関関係を用いたものを見かけますが、これにはいくつかの問題点があります。

例えば相関係数 r が 0.95 で P 値が < 0.001 だったとします。

これは二つの測定方法から得られた値が有意で強い相 関関係にあると言えますが、二つの方法が一致することを意味するわけではありません。

ABL77の値をYとし、ABL700の値をXとします。

#### (1) 回帰直線が Y=2X (r=0.95 で P < 0.001) の場合

ABL77の値はABL700の値の2倍の値を示すことになり、二つの測定方法は一致するとは言えません。

(2) 回帰直線が Y=X+1 (r=0.95でP < 0.001) の場合 ABL77の値は ABL77の値より 1 大きい値を示す ことになり、この場合も二つの測定方法は一致するとは言えません。

回帰直線で見る場合 Y=X となるのが理想です。つまり傾きが 1 で Y 切片が 0 ならば二つの測定は一致すると言えます。

また、相関関係の場合は値の範囲に影響されます。範囲が広いほど相関関係は強くなります。

回帰分析の問題点を解決するためにBland-Altman 分析が使われます。次にこの分析方法について述べま す。これは新しい測定方法を確立した測定方法と比較 し、一致するかどうかを調べる方法です。

X軸:二つの方法の値の平均 Y軸:二つの方法の値の差 としてグラフを書きます。

二つの方法の値の平均を出したのは真の値は判らないので、代表値として平均を採用しています。確立した方法の値が真の値とは限らないと言うことです。

Bias は差の平均値 (mean difference) で表します。 その標準偏差を SD とします。

Limits of agreementはbias-2SD からbias+2SD という範囲で定義されます。

二つの測定方法が一致すると言うことができるのは、 Biasがゼロに近くて、かつLimits of agreementの 範囲が許容できる範囲内にある場合です。許容できる 範囲はそれぞれの測定項目によって異なります。

#### 再現性の確認

二つの方法を比較する前にそれぞれの方法で再現性があるかどうかを確認しておかなくてはなりません。再現性が悪い場合、二つの測定方法の一致を評価する妨げとなります。再現性が悪い方法同士を比較して一致するかどうか評価しても意味のないことになってしまいます。また再現性はサンプルのサイズに関係ないことが大切です。

#### 【方法】

人工心肺を使用中の患者を対象に乾燥電解質バランスへパリンを約60IU含有したPICO™70 (ラジオメーター社製)注射器で採血をしました。検体数は47検体で、そのうち31 検体についてはそれぞれの測定方法で2回ずつ測定し、再現性の評価を行いました。相関と一致度の評価は47 検体で行いました。ABL77の測定項目はpH、PCO2、PO2、Na<sup>+</sup>、K+、Ca<sup>2+</sup>、Htでした。ABL700の測定項目はpH、PCO2、PO2、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Hbですので、ABL77ではHtの値から下記の簡易式で計算されたHbの値を採用しました。

 $Hb = (Ht/100 - 0.0083) / 0.0485 \times 1.6114 g/dl$ 

#### 検討項目の比較

(1) ABL700 と ABL77 のそれぞれの再現性

回帰分析:Xを1回目の値、Yを2回目の値、aを切片、bを傾きとし、P値が0.05未満を有意としました。

Bland-Altman分析: bias は 1 回目と 2 回目の値の差の平均、limits of agreement を bias - 2SD から bias + 2SD の範囲と定義しました。

(2) ABL77 と ABL700 の二つの方法の一致度回帰分析: XをABL700 の値、 YをABL77 の値、

aを切片、bを傾きとし、P値が0.05未満を有意としました。

Bland-Altman分析: bias は ABL77 の値から ABL700 の値を引いた値の平均、limits of agreementをbias - 2SDからbias + 2SDの 範囲と定義しました。

#### 【結果】

(1)-1 ABL700の再現性(表1)

PO2 の値に関し、1 回目の方が2回目よりも 高値を示す傾向にありましたが、その他の項目 に関し、良好な再現性を示しました。

(1)-2 ABL77の再現性(表2)

全ての項目に関し、良好な再現性を示しました。

(2)-1 回帰分析(図1)

全ての項目に関し、有意な正の相関関係を認めました。

- (2)-2 Bland-Altman分析(図2)
- (a) p⊢

bias が 0.017 とゼロに近く、limits of agreement は -0.014から 0.047 と狭い範囲にあり、良好な一致を示しました。

(b) PCO<sub>2</sub>

bias が-0.009 mmHgとゼロに近く、limits of agreement は-2.690から2.673と狭い範囲にあり、良好な一致を示しました。

(c) PO<sub>2</sub>

bias が 20.83 mmHg であることより ABL77の方がABL700より高値を示す傾向 にありました。limits of agreement は-23.449から65.108と約90mmHgの範囲となりました。

(d) Na<sup>+</sup>

bias が 2.745 mmol/L であることより ABL77の方がABL700よりやや高値を示す 傾向にありました。 limits of agreement は-2.180から7.670と約10mmol/Lの範囲となりました。



#### (e) K+

biasが0.106 mmol/Lとゼロに近く、limits of agreement は-0.196から0.408と狭い範囲にあり、良好な一致を示しました。

(f) CIbias が 5.298 mmol/L であることより ABL77の方がABL700よりやや高値を示す 傾向にありました。 limits of agreement は-0.296から10.892と約11 mmol/Lの範囲

#### (g) Ca<sup>2+</sup>

biasが-0.023 mmol/Lとゼロに近く、limits of agreement は-0.096から0.050と狭い 範囲にあり、良好な一致を示しました。

#### (h) Hb

bias が-0.315 とゼロに近く、limits of agreement は-1.379 から0.749 と狭い範囲にあり、良好な一致を示しました。

#### 考察

ラジオメーター社製の新しい血液ガス電解質システム ABL77 の性能を上位機種で高性能とされている ABL700 と比較検討を行いました。再現性は両者と も全ての項目に関し良好でした。PO2 に関しては ABL700 より ABL77 の方がむしろ良好でした。両者の一致度に関しては、pH、PCO2、K+、Ca²+とHb について良好な結果が得られました。

PO2に関してはABL77の方がABL700より高値を

[表 1] ABL700の再現性 (n=31)

となりました。

項目	単位	切片 (a)	傾き (b)	相関係数 (r)	Р	bias	bias-2SD	bias+2SD
рН		1.314	0.822	0.953	< 0.0001	-0.01	-0.03	0.02
PCO <sub>2</sub>	(mmHg)	4.862	0.903	0.927	< 0.0001	0.96	-2.17	4.08
P02	(mmHg)	-25.827	1.142	0.920	< 0.0001	27.36	-47.02	101.73
Na+	(mmol/L)	-15.842	1.124	0.938	< 0.0001	0.42	-2.20	3.04
K+	(mmol/L)	-0.068	1.013	0.993	< 0.0001	0.00	-0.21	0.20
CI-	(mmol/L)	-6.902	1.072	0.955	< 0.0001	0.16	-2.04	2.36
Ca <sup>2+</sup>	(mmol/L)	0.057	0.943	0.989	< 0.0001	0.00	-0.02	0.02
Hb	(g/dl)	-0.868	1.118	0.976	< 0.0001	-0.01	-0.65	0.62

Y = a+bX, Y; 1回目の値, X; 2回目の値, bias; 1回目と2回目の値の差の平均, limits of agreement; bias  $+2SD \sim bias -2SD$ , SD; standard deviation.

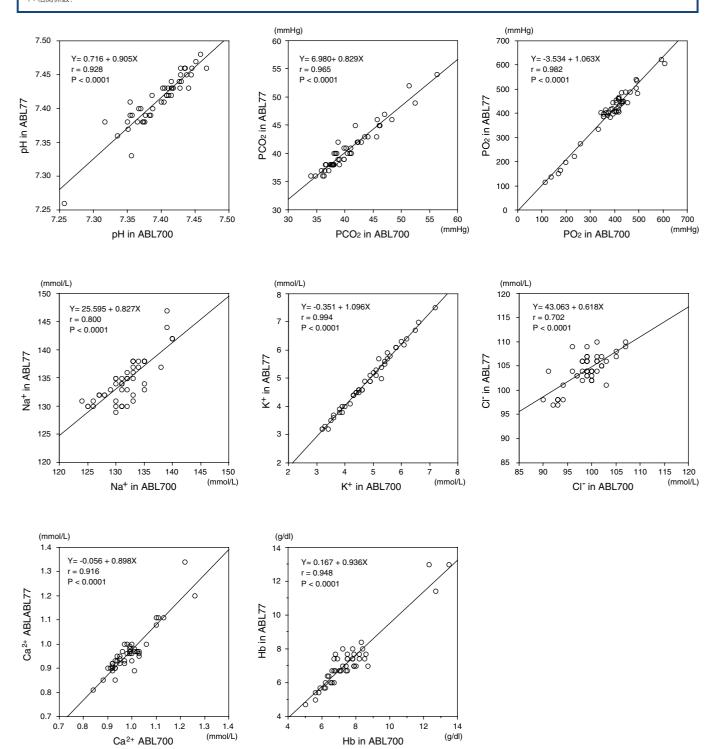
#### [表 2] ABL77 の再現性 (n=31)

単位	切片 (a)	傾き (b)	相関係数 (r)	Р	bias	bias - 2SD	bias + 2SD
	1.226	0.835	0.962	< 0.0001	0.00	-0.02	0.02
(mmHg)	6.417	0.851	0.884	< 0.0001	0.36	-3.01	3.72
(mmHg)	-57.512	1.144	0.960	< 0.0001	3.26	-55.83	62.34
(mmol/L)	8.251	0.939	0.945	< 0.0001	0.13	-1.98	2.24
(mmol/L)	0.061	0.996	0.992	< 0.0001	0.04	-0.21	0.29
(mmol/L)	0.359	1.015	0.899	< 0.0001	1.87	-0.80	4.54
(mmol/L)	-0.013	1.019	0.970	< 0.0001	0.01	-0.03	0.04
(g/dl)	-1.600	1.237	0.975	< 0.0001	0.05	-0.77	0.87
	(mmHg) (mmHg) (mmol/L) (mmol/L) (mmol/L) (mmol/L)	1.226 (mmHg) 6.417 (mmHg) -57.512 (mmol/L) 8.251 (mmol/L) 0.061 (mmol/L) 0.359 (mmol/L) -0.013	1.226     0.835       (mmHg)     6.417     0.851       (mmHg)     -57.512     1.144       (mmol/L)     8.251     0.939       (mmol/L)     0.061     0.996       (mmol/L)     0.359     1.015       (mmol/L)     -0.013     1.019	1.226     0.835     0.962       (mmHg)     6.417     0.851     0.884       (mmHg)     -57.512     1.144     0.960       (mmol/L)     8.251     0.939     0.945       (mmol/L)     0.061     0.996     0.992       (mmol/L)     0.359     1.015     0.899       (mmol/L)     -0.013     1.019     0.970	1.226     0.835     0.962     < 0.0001	1.226       0.835       0.962       < 0.0001	1.226       0.835       0.962       < 0.0001       0.00       -0.02         (mmHg)       6.417       0.851       0.884       < 0.0001

Y = a+bX, Y; 1 回目の値、X; 2 回目の値,bias; 1 回目と2 回目の値の差の平均,limits of agreement; bias + 2SD?bias - 2SD, SD; standard deviation.

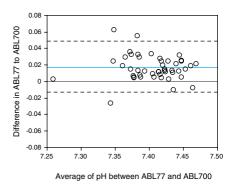
#### [図 1] ABL77 と ABL700 の回帰分析

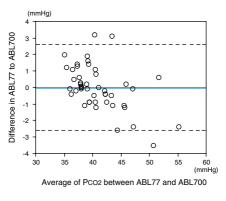
Y軸: ABL77の値 X軸: ABL700の値 r: 相関係数.

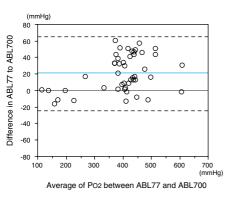


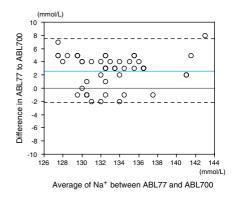
#### [図2] ABL77とABL700のBland-Altman分析

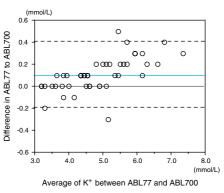
Y 軸: ABL77 の値— ABL700 の値 X 軸: ABL77 の値と ABL700 の値の平均 limits of agreement: bias-2SD  $\sim$  bias+2SD

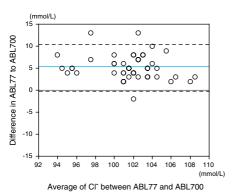


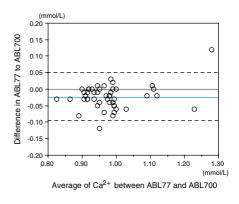


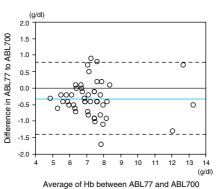












--- bias + 2SD bias (mean difference) --- bias - 2SD

示す傾向にありました。limits of agreementの範囲 も約90mmHgと大きくなりました。今回人工心肺装 置作動中の血液を採取したため PO2 はいずれも高い 値でした。そのため両者の装置ともバラツキも大きく なったものと思われます。実際に図2からも分かるよ うにABL77と700の平均が350から600mmHg の範囲では両者の値にバラツキが認められますが、検 体数は少ないですが、100から350mmHgの範囲で は両者はよく一致していました。また今回のように PO2 が高い値の場合は、検体が空気にさらされると PO2は速やかに低下してしまいます。1回目の検体を 器械に注入してから2回目の検体を注入できるまでが ABL77 では約1分、ABL700 の場合ですと約2分 かかります。この時間の差が再現性と一致度に影響し た可能性があります。今後は臨床的に低酸素血症が問 題になる範囲で両者の一致度を比較する必要があると 思われました。

Na<sup>+</sup> とCI<sup>-</sup> に関してABL77の方がABL700よりやや高値を示す傾向にありました。limits of agreement の範囲はNa+とCI では狭いものでした。ABL77と700の値の差に大きなバラツキはありませんので、ABL77で操作し、Na<sup>+</sup>の値が2.7 mmmol/L、CI<sup>-</sup>の値が5.3 mmmol/Lほど低い値を示すように補正すればABL700とよく一致するようになります。ABL77を最初に使用する場合、今回のようにゴールドスタンダード的な測定装置と多少のズレが生じる項目があるときは補正が必要となるかもしれません。この補正を簡単に行うことができるのはABL77の特徴です。

当院のように手術室に常時臨床工学技師が勤務しているような施設ですとABL700のような測定器械を使用しても問題ありませんが、常勤の臨床工学技師がいない施設や部署においてはABL77のような簡易式の測定装置の方がメンテナンスという観点から望ましいと思われます。ABL77はセンサーカセットとキャルパックの交換さえ行えば、面倒なメンテナンスは不要だからです。われわれの使用経験で人工心肺装置運転中の血液ガス電解質分析において有用でした。臨床

工学技師は人工心肺装置の運転に携わるため、自身で は少し離れた手術室内の検査室には行けません。そこ で傍らにABL77を置いておけば、その場で測定する ことができます。また、当院の麻酔科医は手術室だけ でなく、しばしば放射線部でも麻酔管理をしなくては なりません。血管造影をしながら行う経皮的血管内ス テント挿入術などがこれに該当します。患者は虚血性 心疾患、動脈硬化症、高血圧症など多くの問題を抱え た場合が多く、厳重な麻酔管理が必要となります。こ のような場合、放射線部には血液ガス電解質分析装置 を常備しておらず、従来ですとその都度、担当以外の 麻酔科医が手術室まで検体を持っていって測定してい ましたが、ABL77があればその場で測定ができ、非常 に有用です。ABL77は各科病棟、救急外来でも有用 であると思われます。特に術後の患者や状態の良くな い患者をかかえ、頻回に血液ガス電解質分析を行わな くてはならない場合などは威力を発揮してくれるで しょう。

センサーカセットの交換期間は15日でキャルパックが30日となっていますので、測定頻度が極端に少ない場合は1検体あたりのコストが高くなります。私どもの要望としては性能、精度を維持したままでこれらの交換期間をさらに延長していただくことです。そうすればさらに低コストでの使用が可能になると思われます。また、測定項目に血糖値も追加していただきたいものです。今後の開発に期待しています。

血液ガス電解質システムABL77をABL700と比較検討しました。両者間には良好な再現性と一致を認めました。したがってABL77は高性能で、臨床使用に際し大変有用であると結論しました。

#### 【参考文献】

Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet 1986; 1: 307-10

## ポータブル血液ガス・電解質分析装置の基礎的検討

久留米大学病院 中央手術部 真茅孝志

近年、多数のポータブル血液ガス分析装置が開発、発売されていますが、これは Point of Care Testing を目的 とした動向であります。従来の血液ガス分析装置は可動が困難であるため所定の場所に設置され、検査の際には分析 装置の設置されている場所まで出向き、測定しなければなりませんでした。そこで、分析装置の小型化を図り、ベッドサイドでの測定を可能とした分析装置が多数販売に至っています。

今回、ポータブル血液ガス、電解質分析装置の1つである SenDx Medical (ラジオメーター社) 血液ガス・電解質システムABL™77を使用する機会を得ましたので、本装置に対し同時再現性や日差再現性の検討、および術中患者より採取されたヘパリン加血により対象装置との相関性を検討いたしましたので報告します。

# ポータブル血液ガス・電解質分析 装置の基礎的検討

久留米大学病院中央手術部 真茅孝志

久留米大学病院臨床工学センター 山下大輔, 杉原学, 馬乘園伸一, 戸畑裕志

## ABL™77の装置概要



・pH, Po<sub>2</sub>, Pco<sub>2</sub>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>++</sup> ヘマトクリット

検体量:85μL以下 測定時間:70秒以内

消耗品

・センサーカセット(50,100,150検体)

・キャリブレーションパック

重量: 7.2kg

寸法:20cm(幅)×23cm(奥行)×33cm(高さ)

ABL77は幅20cm、奥行23cm、高さ33cm、重量7.2Kg と小型・軽量化が図られているため可動性に富み、ベッドサイドでの分析を可能としています。本装置の測定項目は、pH、Pco2(二酸化炭素分圧)、Po2(酸素分圧)、電解質(Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>、イオン化カルシウム)、ヘマトクリット値で、これらの測定を検体量85μ以下、測定時間70秒以内で実施できるため、血液採取量の軽減、および測定結果を得るまでの時間短縮が図られます。また本装置の消耗品は各測定項目の電極が搭載されたセンサーカセットと、校正用ガスをトノメートした2種類の校正液、および廃液パックからなるキャルパックのみであるため、煩雑なメンテナンスが不要となり、専門の技師が配置されていない施設では有用であります。

#### 対象と方法

#### 同時再現性(n=10), および日差再現性(n=20)の検討

- ・pH, Po₂, Pco₂, Na⁺, K⁺, Cl⁻, Ca⁺+ → Qualicheck™4+(Level 1~4)・ヘマトクリット値
  - → Hematocrit and Metabolite Qualicheck<sup>™</sup>(Level 1~2)

#### 対照測定装置との比較

術中患者より採取されたヘパリン加血(ヘパリンナトリウム添加量は4単位/1mL)300検体により対照測定装置との比較を実施.

#### ≪対照測定装置≫

pH, Po<sub>2</sub>, Pco<sub>2</sub>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>++</sup>

→ ABL<sup>™</sup>System 625(Radiometer Medical A/S)

ヘマトクリット値 → COULTER COUNTER T-890(Coulter Co.)

今回、ABL77対し実施しました検討の方法、並びに対照測定装置を左図に示します。

同時再現性の検討には、pH、pO2、pCO2と電解質(Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、CI<sup>-</sup>、イオン化カルシウム)の項目に対しては、ラジオメーター社製、精度管理システムクオリチェック 4 プラスの Level 1 から Level 4 を、また、ヘマトクリットに対しては、ラジオメーター社製、精度管理システム Hematocrit and Metabolite クオリチェックの Level 1、Level 2を用い、それぞれ 10重複測定を行いました。

日差再現性の検討には、同じく精度管理システムクオリチェック 4 プラス Level 1 から Level 4 と Hematocrit and Metabolite クオリチェックのLevel 1、Level 2を用い、それぞれ20 日間連続測定を行いました。

また、当手術部における術中全身麻酔症例の患者より採取されましたヘパリン加血300検体によりpH、pOz、pCOz、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、CI<sup>-</sup>、イオン化カルシウムについてはラジオメーター社ABLsystem 625を、ヘマトクリット値はCOULTER COUNTER T-890を比較対照の装置として両者の相関性の検討を実施しました。

比較対照測定装置との相関性の検討では、すべての検体に対しまして、まずABLsystem625に検体を導入した後、速やかにABL77へ検体を導入し、その後COULTER COUNTER T-890へ検体を導入いたしました。

### 同時再現性の検討結果

(n=10

				(1-10)
	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
рH	7.000±0.000	7.430±0.000	7.649±0.003	6.839±0.003
Pco <sub>2</sub> (mmHg)	61.9±1.729	39.4±0.516	18.9±0.316	105.7±1.059
Po <sub>2</sub> (mmHg)	61.9±2.132	108.5±1.434	154.3±1.059	237.0±5.099
Na <sup>+</sup> (mmol/L)	160.1±0.316	136.2±0.422	121.7±0.483	115.9±0.568
K <sup>+</sup> (mmol/L)	4.95±0.071	3.87±0.048	2.00±0.000	6.72±0.042
Ca <sup>++</sup> (mmol/L)	1.257±0.007	0.590±0.009	0.371±0.013	1.559±0.006
CI <sup>-</sup> (mmol/L)	120±0.000	96±0.471	84.7±0.483	78.9±0.568
Hct (%)	59.1±0.876	19.8±0.422	-	-

(Mean±SD)

同時再現性の結果は左図に示す通りであります。

クオリチェック 4 プラス Level 4 の pO₂ に若干のばらつきを 認めたものの良好な結果を得ることができました。

### 日差再現性の検討結果

(n-20)

				(11–20)
	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
рH	7.000±0.006	7.425±0.005	7.651±0.003	6.819±0.009
Pco <sub>2</sub> (mmHg)	64.15±1.040	39.75±0.444	18.8±0.616	106.6±3.069
Po <sub>2</sub> (mmHg)	56.0±2.974	105.4±1.930	158.3±2.197	252.9±7.122
Na <sup>+</sup> (mmol/L)	159.6±0.510	136.5±0.510	121.8±0.616	114.6±1.273
K+ (mmol/L)	4.90±0.032	3.86±0.050	2.01±0.031	6.81±0.069
Ca <sup>++</sup> (mmol/L)	1.251±0.013	0.581±0.015	0.364±0.013	1.567±0.022
CI <sup>-</sup> (mmol/L)	120.2±0.768	96.1±0.912	84.2±0.894	78.3±1.070
Hct (%)	58.95±0.999	19.8±0.696	-	-
				(Mean±SD)

日差再現性の検討期間に、6つのセンサーカセットを使用し、 それらは4種のロット番号のものでありました。

日差再現性の検討においても、同時再現性同様、pO2の高いクオリチェック4プラス Level 4のpO2において他の項目と比較し、若干のばらつきを認めたものの良好な結果が得られたため、センサーカセット交換に伴う誤差は発生しなかったものと考えます。

対照測定装置との相関性の検討結果

			(n=300)	
	回帰式	相関係数(r)	標準偏差(Syx)	
рH	y=1.178x-1.303	0.991	0.009	
Pco <sub>2</sub> (mmHg)	y=1.876x+0.954	0.976	1.253	
Po <sub>2</sub> (mmHg)	y=0.946x+5.827	0.991	14.20	
Na+ (mmol/L)	y=0.809x+29.09	0.899	1.408	
K <sup>+</sup> (mmol/L)	y=1.003x-0.058	0.991	0.077	
Ca <sup>++</sup> (mmol/L)	y=0.953x+0.018	0.952	0.027	
CI <sup>-</sup> (mmol/L)	y=0.807x+22.26	0.895	1.360	
Hct (%)	y=1.035x-1.600	0.960	1.681	

(y: ABL 77, x: ABL System 625, COULTER COUNTER T-890)

ABL77と比較対照装置との相関性は、左図に示すとおりであります。全項目において、ABL77と対照装置による測定値とのあいだに、相関係数が0.89以上と高い相関性を得ることができました。

以上の検討から、本装置における精密度は臨床使用する場合に 許容できるものであると考えます。

また、本装置は機能の面から、軽量、省スペースでかつメンテナンスフリーという特徴を有しますので、本装置の使用により、血液ガス・電解質分析の迅速化、簡便化、省力化が図られると思われます。

#### 吉 語

- ①ポータブル血液ガス·電解質分析装置ABL™77に対して同時再現性, 日差再現性の検討を実施した結果,本装置が高い精密性を有すること が証明された.
- ②日差再現性の検討期間中に、センサーカセットを5回交換したものの 再現性に影響が認められなかったことから、センサーカセット交換に 伴う誤差は発生しなかったと考える。
- ③術中患者より採取されたヘバリン加血により、対照測定装置との相関性を検討した結果、すべての項目で相関係数が0.89以上と、対照測定装置とのあいだに高い相関性が認められた.
- ④本装置は、軽量、省スペースで、かつメンテナンスフリーという特徴を有することから、本装置の使用により血液ガス・電解質分析の迅速化、 簡便化、省力化が図られると考える。

最後に、結語といたしまして、本装置において行った同時再現性、日差再現性の検討より本装置が高い精密度を有することが証明されました。

また、日差再現性の検討期間中にセンサーカセットを5回交換 したものの再現性に影響が認められなかったことから、センサーカセット交換に伴う誤差は発生しなかったと考えます。

術中患者より採取されましたヘパリン加血により、本装置と比較対照装置で測定し、得られた値との間に高い相関性が得られました。

機能面では、本装置は場所を選ばず血液分析を行うことが可能で、かつ煩雑なメンテナンスを必要としないという特徴を有することから、様々な臨床の場における血液分析を迅速化、簡便化することに意義があると考えます。



#### ■ ビリルビンを全血で測定可能

#### 11月1日発売!

本年11月1日、ラジオメータートレーディング株式会社の血液ガスシステムABL™700シリーズでは、ビリルビンが測定できるようになりました。新生児の高ビリルビン血症の早期発見、および管理にたいへん有効です。わずか95μLの全血サンプルから、pH、血液ガス、電解質、代謝項目、オキシメトリーパラメーターと同時にビリルビンを測定します。新生児の貴重な血液は、極微量で測定可能、取り扱いが簡単で安全な分析装置ABL700シリーズで。



詳しくは、各営業所にお問い合わせください。

### ■ 経皮酸素ガス分圧測定装置

#### 発売開始

最高6本までの酸素電極を患部周辺に装着し測定できる経皮酸素分圧測定装置TCM™400がこのたびラジオメータートレーディング株式会社より発売になりました。このTCM400は、下肢などの皮膚に装着し、リアルタイムで各部位での酸素分圧を測定し、末梢循環不全患者さんの重症虚血の判定や薬物治療効果の確認に使用するたいへんユニークな装置です。





詳しくは、本社営業開発部にお問い合わせください。 電話:03-5777-3540 Fax:03-5777-3541 e-mail:marketing@radiometer.co.jp

#### ラジオメータートレーディング株式会社

〒105-0003東京都港区西新橋3-16-11 西新橋東急ビル Tel: 03-5777-3545 Fax: 03-5777-3541

●ご意見、ご質問をお寄せください。



ラジオメーターメディカル社は ISO 9001/EN46001 を取得しています。 RADIOMETER™、ABL™、TCM™は、ラジオメーターメディカル社 (デンマーク) の商標です。 ABLは、アメリカ合衆国で商標登録されています。