

□ 特別講演 □

血液ガスはどう使われるようになったか—測定技術と使う側の勉強と—

帝京大学
諏訪邦夫

血液ガス測定が一般化する技術の過程と、データを解釈して医療に役立てる知識の普及の両面を扱う。パルスオキシメーターとカプノメーターも考察した。

I. 電極開発まで

18世紀末に、ラボアジェが酸素と二酸化炭素の関係を「生物体は物質を酸化してエネルギーを取り出す」と正しく解釈している。

19世紀には、酸素代謝の場が末梢組織と証明され、定量的分析が始った。血液ガス含量測定は実用化された。分圧測定は、ガス相は可能だったが、血液相では困難であった。20世紀初頭にボーアが正しい酸素解離曲線を記載し、弟子のクローが「ガスは拡散で移動」を確立した。クローは、気泡平衡による血液ガス分圧の正確な測定に成功した。1920年代に、ヴァン＝スライクが血液のガス含量測定法を完成し標準となった。

II 電極の時代

「水の電気分解で溶液に酸素があると電流が増大する」という酸素電極の原理は19世紀末にダニールが見出したが、この時点では実用化しなかった。20世紀初頭にハーバーがpH測定にガラス電極を開発し、こちらは少しずつ応用され始めた。

1920年代、ヘイロフスキーがポーラログラフイーを開発した。化学物質液の印加電圧と得られた電流の関係が物質と量に依存することを見出し、逆に「電圧/電流関係から物質と量を知る」手法である。日本の農学者志方益三が大きく貢献している。

酸素電極は、真空管の発明などで1900年代前半に少しずつ使用されたが、血液への応用は1953～55年頃にクラークが完成させた。電極にプラスチック膜を貼ってたんぱく成分による分極を解決した。同じ頃、ストウが二酸化炭素電極を開発した。pH電極の前にプラスチック膜を貼り、CO₂分子のみがpH電極に作用するよう工夫した。

セプリングハウスは二つの電極を改良し、その意義・重要性を世界に紹介し、pH・Pco₂・Po₂の三つの電極を組み込んだ装置を作成し、製品化への道を開いた。

III. 血液ガス分析を使う知識と技術の進歩

1960年以降の機器の製品化と平行して一部の医師が知識と測定技術を身につけ、臨床研究を開始して手術と麻酔と肺ガス交換障害を始め、急性肺傷害に対して人工呼吸を中心とした呼吸管理法が確立していく。1965年のBendixenらの著書「Respiratory Care」、1967年のAshbaughらによる「ARDSの概念の提唱」などが大きなエポックである。

IV. 血液ガス分析の普及

1973年、ラジオメーター社が全自動血液ガス分析装置を発売し、各社がこれに続いた。血液ガス測定は、「一般臨床検査のパラメーター」として確立し、対象病態と使う技術と知識を持つ人の範囲が広がった。ラジオメーター製品には、1971年末に嶋正利氏が開発したインテルのMPU4004が使用されている。驚くべき先見性である。

V. パルスオキシメーターとカプノメーターの確立と普及

パルスオキシメーターは、1972年に日本国内の特許が申請され（青柳卓郎氏と日本光電）、少し遅れて類似の原理でミノルタ社の山西昭夫氏らが国際特許を取得し、製品を開発して販売した。ニュー氏はミノルタ製品から、可能性を予見して改良と普及に乗り出し、1980年以降優れた製品となった。

カプノメーターは、開発は1950年頃と古かったが、電子部品の進歩（半導体センサー、LSIアンプ、液晶表示）で精度・使い勝手・価格が向上して1980年以降に普及した。

1980年代半にアメリカ麻酔学会が採用した「麻酔のモニターの基準」の要求に、パルスオキシメーターと

カプノメーターが合致し、その採用普及を促す力となった。

VI. 「血液ガスモニター」と「血液ガス分析」

「パルスオキシメーター+カプノメーター」と「血液ガス分析」の関係に触れる。パルスオキシメーターと

カプノメーターは、血液ガス分析を補間するものであって、代替ではない。前者は患者との接点で安全管理に寄与し、後者は患者の病態生理の解析に役立つもので、いずれもさらに機器も使用の知識も改善して医療の向上に役立つだろう。

