



血液ガス分析と酸塩基平衡（1）

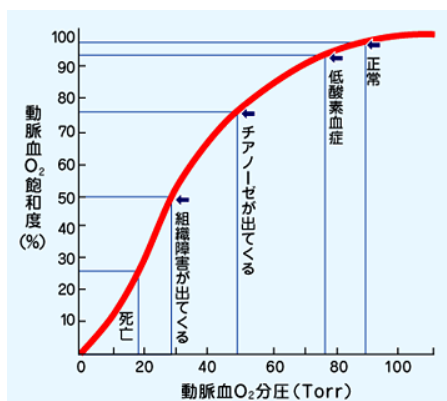
<https://l-hospitalier.github.io>

2016.7

感染対策の基礎知識

#52

【経皮的動脈血酸素飽和度（SpO₂）】1974年日本光電の青柳卓雄氏がパルス・オキシメーターをME学会で発表（実用化はミノルタ*、米国）。原理は酸化ヘモグロビン（HbO₂）と還元ヘモグロビン（Hb）では赤外線吸収波長が異なるのを利用し、心拍と同期したパルス状の赤外光で皮膚を照射、細い動脈性血管からの拍動性信号だけを取り出し、2波長の信号強度の比からHbO₂とHbの比を求める。酸素の輸送量は（Hb×心拍出量×SpO₂）に比例する。貧血、低心拍出量の場合はO₂輸送量を反映しない。貧血時は酸素を運搬するHbの数が少ないので全Hbが酸素化されSpO₂は高値（多血症では酸素不足なしにチアノーゼ出現）。一酸化炭素中毒ではHbがCOと結合してカルボニルヘモグロビンに、シアン中毒ではHbがシアンメトヘモグロビンとなり、酸素と解離・結合できない。これは還元HbでないからSpO₂は高い値を示す。血液には血球と血漿があり、血漿は蛋白水溶液でO₂やCO₂はヘンリーの法則（1803年）「揮発性の溶質を含む希薄溶液が気相と平衡にあるとき、気相内の溶質の分圧pは溶液中の濃度cに比例する」に従う。生体では血漿に溶存するO₂は1%以下で99%は赤血球中のヘモグロビンと結合して輸送される。血漿中の溶存酸素濃度（分圧）とヘモグロビン結合酸素は平衡状態にあり、その関係がヘモグロビンの酸素解離曲線（図）で、酸素分圧が90mmHg（SI:国際単位系では水銀を満たした密閉ガラス管と重力で初めて真空を作ったトリチェリ（Torricelli、伊）を記念してTorr = mmHgを使用）でHbは97%



程度飽和する。1気圧の時760Torr×酸素分率0.21=159Torrが大気と平衡にある血液のガス組成と考えてよい。動脈血ガス分析で1%の血漿溶存O₂の分圧を測り酸素解離曲線からHbの酸素飽和度を推定する方法に比べ、経皮的とはいえ直接99%のHbとHbO₂の比を測るほうが精度、安定度において勝る。血液中のガスの測定は古くは【van Slyke-Neill法】が使われた。一定容積の血液にガス抽出剤（乳酸、サポニン、フェリシアンカリの混合液）を加え、これに陰圧をかけて血液中のO₂、CO₂を遊離気体として抽出。原理的であるが大量の血液が必要で、新生児では実施不可能。

【酸素電極】シンシナチ大のクラーク博士**はポーラログラフィーを改良して血液酸素電極を作成。ポーラロとはO₂を溶かした液の電極に加える電圧と電流とO₂濃度の関係で図示。印加電圧約0.6Vで電流が平坦になり溶質濃度—電流関係が一意に定まる。銀—白金電極***を蛋白の付着と分極を防ぐためKCL溶液と半透膜で囲む工夫で実用化に成功。

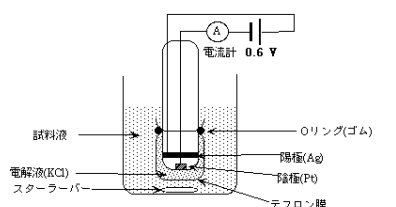
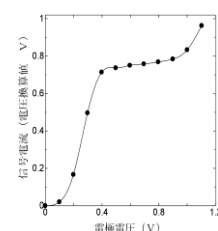


Fig. 4 Clark型複合酸素電極の基本構造

陽極と陰極を包埋する支持体には、ガラスや樹脂が用いられている。電解液には、KClを含む緩衝液、保水剤としグリセロールを加えたものなどがある。テフロン膜と陰極・陽極の間は、レスポンスが悪くなるので出来るだけ隙間を作らないようにする。



*当時ミノルタは新生児用経皮黄疸計の代名詞であった。**Dr. Clarkはシンシナチ小児病院の検査技師でした。***陰極(白金電極)で $O_2 + 4e^- + 4H^+ \rightarrow 2H_2O$ の反応、陽極で $4Ag + 4Cl^- \rightarrow 4AgCl + 4e^-$ の反応。