

## 11. 減圧法のAnalog解析

大岩 弘典\* 伊藤 敦之\* 小此木国明\*

### 目 的

電子回路におけるResistor(R)とCapacitor(C)の組合せにchargeされる電圧は入力電圧と時間に指数関数変化を示す。この研究はRとCの組合せを体組織にみたてた電子analog解析を用いて減圧法を解析していこうとするものである。

### 基本概念

Haldane Modelすなわち理論的な半飽和組織はindependentなparallellな回路と想定できる。この減圧法では各組織が電気的につながるindependentなseriesとして配列していると考え。両者の理念に或る差異を生ずるに違いない。この根拠はHaldane Modelを応用する減圧表では、痩せた人、肥つた人も浅い或るいは短時間潜水の場合には彼らの減圧症発症頻度に差異はないのに、深い或るいは長時間潜水では肥つた人により起り易い。この説明は脂肪組織からの不活性ガス排泄が更に遅い組織に過剰の溶け込みを来たすことがあげられる。これはindependent tissue conceptでは説明できない。組織間spill overを表現できるseriesで組込まれたindependent tissue connectionは減圧の安全性に利益を生むかも知れない。

### 方 法

入力電圧の電子数を不活性ガスモル数とした場合、回路中にchargeされる電子数は或る決められた入力値に対しRとCの組合せ(rank)に依存する。rank数の少いとき、同一入力値すな

わち深度に対しcharge時間が短い。云い替えると短時間潜水でもdischargeである減圧時間が長くなり、逆に長時間潜水からの減圧時間が短くなる。rank数が多いと逆が真となる。このrank数の較正はこの研究をすすめているG.P.Toddの助言を得て10ヶとした。各rankの飽和時間に関係する適性R値の選択は、回路中の各rankのsaturation curveはほぼexponentialを示し、半飽和組織20分から最終10rank720分に至るmodel tissueを得た。desaturation curveをsemilogに書き替えるとほぼ直線を示す。従来のHaldane principleとの差異は回路特性に依存するcharge(discharge)の遅れがみられ、最終rankが約2時間遅れを示す。

### 装 置

試作装置を図1に示す。あらかじめ回路内に初期値ボルメータで大気圧溶存 $N_2$ 分圧24.7ft.をchargeして置く。次に深度ボルメータで想定深度不活性ガス圧を負荷しtime scale(空気潜水で1:30)で換算される潜水時間chargeをつづける。減圧scheduleの作成は許容不活性ガス圧までの自由放電時間を繰り返し求め階段式減圧表を作成する。装置の最大入力値は2VDCとし、digital表示で200を示すようにした。したがって空気潜水60m迄と想定すると、0.1VDCは0.1ft.すなわち最終目盛が3cm深度を示す。得られた減圧表は実際潜水で評価をした。

### 結 果

許容不活性ガス圧較差( $\Delta P$ )をどの位にするかが問題となる。G.P.Toddの助言、K.Smith

\* 海上自衛隊横須賀地区病院 潜水医学実験部

の報告などから $\Delta P \leq 7$  ftを採用した、 $\Delta P = 6$  ftで求めたtableを示す。

- 無減圧ライン—米海軍標準空気潜水減圧表 (USN) と非常に良く似た curve を示した。100 ft 以下では analog 法の方が conservative であった。
- 100 ft・30 min 潜水— $\Delta P = 6$  ft で総減圧時間 (TDT) は 14:40 で USN の 15:10 (但し通常 40' を適用) に近い。安全性の目安は rank 1 及び 2, 4 人潜水 (高压チャンパー) して異常なし。
- 140 ft・30 min 潜水— $\Delta P = 6$  ft の TDT は 32:50, USN の 28:20 (30'), 46:50 (40') の中間を示す。Spill over が rank 3 と 4 にみられる。4 人とも異常なし。
- 80 ft・60 min 潜水— $\Delta P = 6$  ft の TDT は 21:20 で USN の 18:40 (60'), 24:20 (70') の中間を示す。4 人とも異常なし。この結果 rank 1 及び 2 の surfacing value 49 ft は許容されると云える。
- 170 ft・30 min— $\Delta P = 6$  ft で TDT は 47:50 で、USN の 46:50 (40') に近い。4 人潜水のうち 3 人に iches がみられた。次に  $\Delta P = 5$  ft では 57:20 を得た。4 人潜水で異常なし。Rank 3 が前者では減圧終了時でもいまだ上昇を示すが後者では低下に変じた。Rank 3 の 48 ft は安全と云える。
- 160 ft—60 min 潜水— $\Delta P = 5$  ft で TDT は 125:10 である。USN の 132:40 (30') より少し短い。(図 2)。4 人潜水して 1 人に mild bends (左肩) を認め、治療表 V を適用し治療させた。Rank 4 の 48 ft の許容が問題である。

### 考 察

(総括) 100 ft 以下又は短時間潜水では analog 法が conservative であった。110 ft 以上又は長時間潜水では  $\Delta P$  を検討する必要がある。この場合、第一減圧点の選定法や  $\Delta P$  が小さいことから来る 10 ft 減圧点の無意味さを同時に検討しなければならない。(応用の可能性) 深度及び潜

水時間の不定な random dive や emergency 時の減圧モニターに適しよう。この装置の特性は飽和潜水からの減圧 schedule 或いは time scale を変えることから混合ガス深海潜水にも可能性をもっている。(利点) Haldane model を用う計算法では多元連立方程式を組込める大型計算機を使用するか、長時間の手計算を要したが、解析ガンの analog 法ではいずれも 5 分以内に処理できた。(結語) 他の生理的な parameter を安全の目安にとり実験を重ねる。

図 1

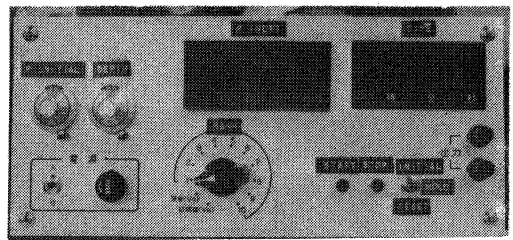


図 2

