

## ●原 著

## 高圧徐脈時における自律神経機能の変化

## ——ホルター心電図を用いた心電図の解析——

岡本安裕\*\* 橋本昭夫\* 池田知純\* 鈴木信哉\*\*\*  
 栗田 明\*\* 中村治雄\*\*

高圧徐脈時の心臓における、自律神経の影響の変化を評価するために、ホルター心電図を用いて心電図の変化を解析した。QT 時間及び QTc を交感神経の指標として測定した。そして、副交感神経の指標を、RR 間隔の coefficient variance (CV, 即ち(RR 間隔の標準偏差÷RR 間隔の平均)×100)とした。320m 飽和潜水シュミレーションにおいて、320m 滞底時は QT 時間は著しく延長した。そして、減圧中 114m 到達時には潜水前の値に復した。CV は加圧中、滞底中大きな変化をきたさなかった。そして、減圧中も 235m まではほとんど変化しなかったが、24m では著しく増加した。大気圧復帰後、CV は潜水前の値に復した。これらの観察により、加圧中並びに滞底中の徐脈の原因は交感神経の抑制にあり、減圧中は副交感神経の賦活が主となることが示唆された。

キーワード：高圧徐脈、飽和潜水、ホルター心電図、RR 間隔

**Assessment of the Autonomic Nervous System Control of the Heart in Hyperbaric Bradycardia with measurement of RR interval variations by the Holter ECG**

Yasuhiro Okamoto\*\*, Akio Hashimoto\*, Tomosumi Ikeda\*, Shinya Suzuki\*\*\*, Akira Kurita\*\*, Haruo Nakamura\*\*

\*JMSDF Undersea Medical Center

\*\*1st. Department of Internal Medicine, National Defense Medical College

\*\*\*3rd. Department of Internal Medicine, National Defense Medical College

In order to assess the autonomic nervous system control of the heart in hyperbaric bradycardia, we used the Holter electrocardiogram (Holter ECG) to analyze the ECG. QT interval and QTc were measured as the indicators of the sympathetic control of the heart. And, as the indicator of the parasympathetic control of the heart, we measured coefficient variance of the RR interval (CV), i. e., (standard deviation of RR)/(average of

RR) \* 100(%). During 320 msw saturation diving, QT interval was markedly prolonged at the bottom ( $P < 0.01$ ), and returned to almost the same level as the pre-dive value at 114 msw during decompression. CV showed little change during the compression stage and at the bottom. During decompression, CV also showed little change from the bottom to 235 msw, then increased at 24 msw ( $P < 0.05$ ). After surfacing, CV became almost the same as the pre-dive value. These observations suggest that the inhibition of sympathetic control of the heart was a major factor of bradycardia during the compression and at the bottom, and that the enhancement of parasympathetic control is predominant during decompression.

**Keywords :** \_\_\_\_\_

Hyperbaric bradycardia  
 Saturation diving  
 Holter ECG  
 RR interval variations

\*海上自衛隊潜水医学実験隊

\*\*防衛医科大学校第一内科

\*\*\*防衛医科大学校第三内科

**緒 言**

高圧徐脈(Hyperbaric bradycardia)は、飽和潜

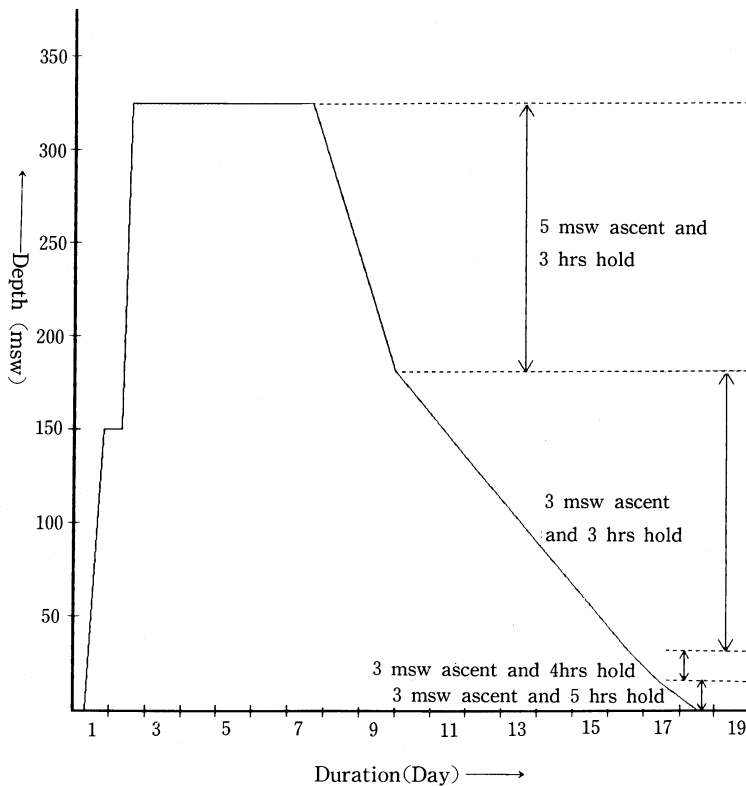


図1 320m 飽和潜水加減圧スケジュール

水分野においては広く知られている現象である。この背景に自律神経機能の変化が有ることが報告されているが、その時の心電図そのものを分析して自律神経機能の評価を行った報告は少ない<sup>1)2)</sup>。我々は今回ホルター心電図を用いて潜水員の心電図を記録し、その変化から高圧徐脈における自律神経機能の果たす役割を分析評価したので報告する。

#### 対象および方法

##### 1. 対象

昭和63年度に、海上自衛隊潜水医学実験隊深海潜水訓練装置において行った320m 飽和潜水シュミレーションに参加した6名(全員男性)のダイバーの内、睡眠時脳波を測定した3名(平均年齢30歳)を対象とした。

##### 2. 記録深度および記録時刻

図1に、当隊で行った320m 飽和潜水の加減圧のプロファイルを示す。分析を行った深度は加圧

前、加圧中150m、320m 停滞中、減圧中315m、235m、165m、114m、69m、24m、および減圧後である。分析のために心電図を記録した時間は全ての深度において00:00~00:30の間とし、一定の条件で自律神経の状態を評価するために、常に脳波より睡眠レベルがstage2もしくはstage3であることを確認した上で記録した。

##### 3. 記録法

ダイバーの心電図は24時間連続して無線心電図モニター(日本光電製COSMOS, 1978)によって監視されており、このモニターより心電図をホルター心電図計マルケット8500内のカセットテープに記録した。

##### 4. 分析法

このカセットテープをホルタースキャナー-8000 Tで分析した。最もアーチファクトが少なく心電図が安定している5分間を選び以下の指標を測定した。

1) 交感神経系の指標として心電図のQT時間

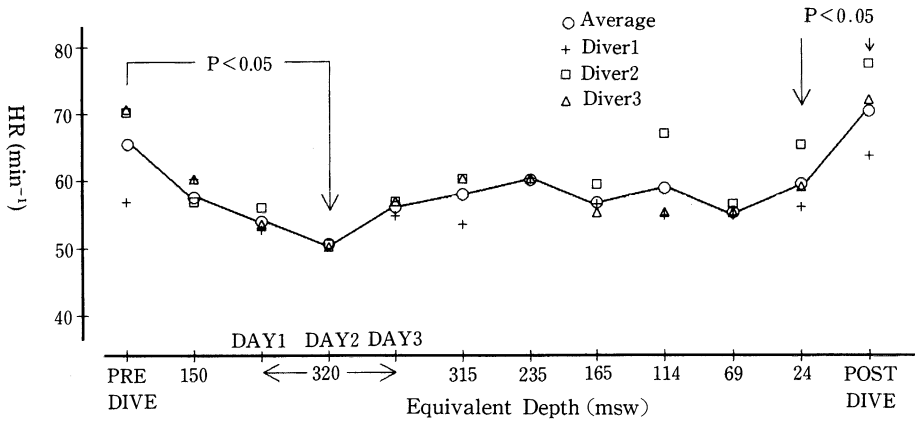


図2 320m 飽和潜水における心拍数 (HR) の変化  
 320m 滞底中に有意差を持って心拍数の減少が認められた。その後  
 24m より大気圧への減圧時に有意の心拍数の上昇を認めた。

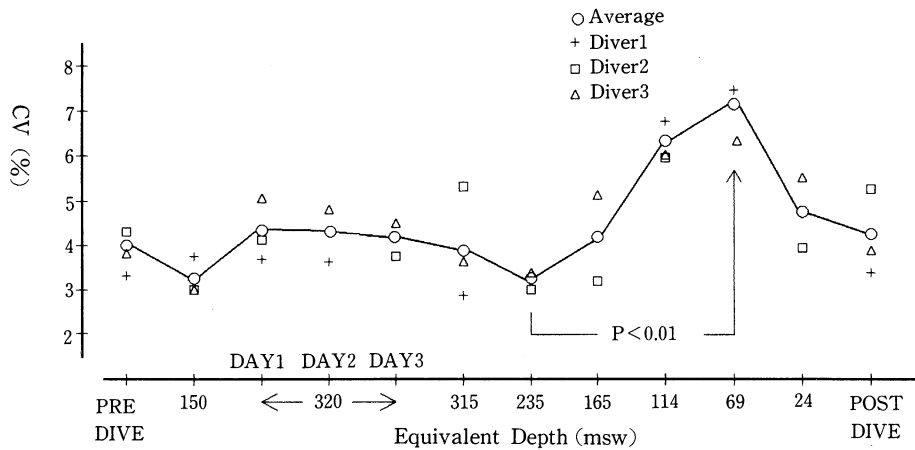


図3 320m 飽和潜水における CV の変化  
 加圧中、並びに滞底中には有意な変化を認めない。そして、235m より 69m までの減  
 圧中には有意な増加を認めた。大気圧に復帰時は潜水前の値とほぼ同じになっている。  
 なお、320m 2日目、同3日目、減圧中 235m、165m、69m、24m においては雑音の混入  
 のために2名のみの計測となっている。

および QTc (corrected QT interval = QT 時間  
 を RR 間隔の平方根で除したものを) を測定した。これらは記録中最も心拍数の少ないときの連続 5 心  
 拍の平均によって各深度の値とした。

2) 副交感神経系の指標は、RR 間隔の変動の

CV (coefficient variance = RR 間隔の標準偏差  
 を RR 間隔の平均で除したもので、評価した。各  
 深度の CV は、QT 時間を測定した心電図と同じ  
 5 分間の心電図の各 1 分毎の平均をもって現し  
 た<sup>3)</sup>。なお、この RR 間隔の分析はスキャナーと連

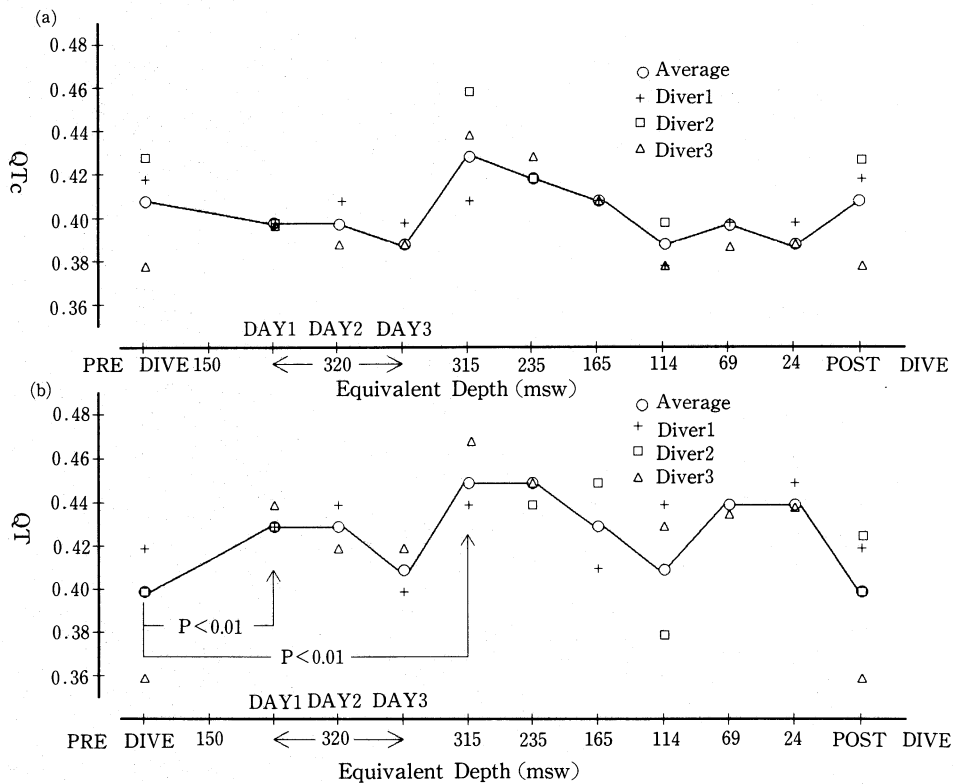


図4 320m 飽和潜水における QTc 並びに QT 時間の変化

(a) QTc の変化。加圧中、滞底中並びに減圧中に有意の変化を認めない。

(b) QT 時間の変化。滞底中並びに減圧後 315m までの間有意の延長を認める。

その後有意の変化無く正常値に復した。

両方の値とも、320m 2日目、同3日目、減圧中 235m、165m、69m、24m においては雑音の混入のため2名のみでの計測となっている。

動したコンピューターによって行った。

これらの統計的分析には Paired Student-t-test を用いた。

## 結 果

今回の飽和潜水における心拍数の変化を示す(図2)。統計的有意差を持って、高圧徐脈が起こることを確認した。また減圧中は心拍数に殆ど変化が見られず大気圧に服する直前に著しい増加が見られている。なお、加圧前の心拍数に比べて、潜水終了直後の心拍数が大きい値を示したが潜水前の値との統計的有意差は認められていない。

副交感神経の指標としての CV の潜水中の変化を示す(図3)。CV は、加圧中から 320m 滞底時、

そして 235m まで減圧してくるまでほとんど有意な変化を示さなかった。しかし、減圧中 235m から 69m の間有意差を持って増加し大気圧到着時には元に復した。

交感神経の指標としての QT 時間および QTc の潜水中の変化を示す(図4a, b)。潜水中の全経過を通じて QTc は、ほとんど有意な変化を示さなかった(図4a)。しかし、QT 時間は加圧中から滞底時の間有意に延長したが減圧が始まるとすぐに元の値に復した(図4b)。

## 考 案

これまで、高圧徐脈に関する文献のなかでも心電図変化の原因について考察したものは多くな

い。Wilson等は、高圧徐脈時のQT時間延長とQTcの短縮を報告し自律神経系の変化が一因である事を示唆した<sup>1)</sup>。Eckkenhoff等は、QT時間の延長を持って副交感神経系の活性化が起こることが示されておりQTcは過修正された値であると説明した<sup>2)</sup>。

しかし、QT時間およびQTcはカテコラミンによって影響を受ける心筋の興奮性の変化を示す指標である<sup>4)5)</sup>。従って、QT時間の延長およびQTcの短縮だけでは副交感神経系の心臓への支配が賦活されている事の証拠にはならない<sup>4)~6)</sup>。

心電図のRR間隔そのもの並びにその変動を示すCVは、副交感神経の影響を示す指標と考えられている。これは、RR間隔は呼吸の影響を受けて変動しかつその中枢からの刺激は迷走神経即ち副交感神経によって伝えられるからである<sup>7)~10)</sup>。

今回我々は、高圧徐脈時の心拍数だけでなく、ホルター心電図によって心電図を記録しQT時間、QTc並びに、副交感神経系の指標となるCVを測定することにより自律神経機能を評価した。そして、CVの変化から副交感神経系の活性化は減圧中に起こっていることを示した。

我々は、これらのことより高圧徐脈時の自律神経系の変化が今まで言われているものより複雑であることを示していると捉え、その変化を以下のように考えた。

加圧中の徐脈は交感神経系の抑制によって引き起こされると考えられる。そして減圧中に心拍数が大気圧直前まで元に服さないのは副交感神経系の賦活化によるもので有ることが示されていると考える。

## 結 語

高圧徐脈においては、加圧中から滞底時にかけては交感神経の抑制が主として働いており、減圧中は副交感神経の影響が強くなっていることが示された。

## 謝 辞

本研究を行うに当たり、防衛医大第一内科高瀬凡平氏から心電図分析に関し助言を頂いた事、並びに東機質(株)野田正信氏、根立浩二氏に深海シュミレーション装置からの心電図記録に関して技術的協力を頂いた事を述べここに感謝の意を表すものです。

## 〔参 考 文 献〕

- 1) Wilson, J.M., Kligfield, P.D., Adams G.M., Harvey, C., Schaffer, K.E, Human ECG changes during prolonged hyperbaric exposures breathing N<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> mixtures., J. Appl. Physiol: Respirat. Environ. Exercise Physiol, 42(4):614-623b, 1977
- 2) Eckenhoff, R.G., Knight, D.R, Cardiac arrhythmias and heart rate changes in prolonged hyperbaric air exposures., Undersea Biomed Res, 11(4):355-367, 1984
- 3) Martin, G.J., Magid N.M., Myers, G., Barnett, P.S., Schaad, J.W., Weiss, J.S., Lesch, M., Singer, D.H., Heart rate variability and sudden death secondary to coronary artery disease during ambulatory electrocardiographic monitoring., Am. J. Cardiol, 60(1):86-89, 1987
- 4) Brown, K.F., Zipes, D.P., Hrger, J.J., Prystowsky, E.N., Influence of the autonomic nervous system on the Q-T interval in man., Am.J. Cardiol, 50:1099-1103, 1982
- 5) Somberg, J., Jepper, D., Wynn, J., Prolonged repolarization: A historical perspective., Am. Heart J. 109(2):395-398, 1985
- 6) Simonson, E., Cady, L.D., Woodbury, M., The normal Q-T interval Am. Heart J.63(6):747-753, 1962
- 7) Bennett, T., Fentem, P.H., Fitton, D., Hampton, J.R., Hosking, D.J., Rigott, P.A., Assesment of vagal control of the heart in diabetes - Measures of R-R interval variation under different conditions: Br. Heart. J. 39:25-28, 1977
- 8) 影山 茂, 持尾聡一郎, 阿部正和; 定量的自律神経機能評価法の提唱 一心電図R-R間隔の変動を用いた非侵襲的検査法一, 神経内科, 9:594-596, 1978
- 9) Pfeiffer, M.A., Cook, D., Brodsky, J., Reenan, A., Swedine, S., Halter, J.B., Porte, D. Jr., Quantative Evaluation of cardiac parasympathetic activity in normal and diabetic man., DIABETS, 31,339-345, 1982
- 10) 武者春樹, 村山正博, 荒井 敏, 月岡道隆, 松下哲; ホルター心電図法によるR-R間隔変動の測定一健常者における加齢の影響と昼夜の対比一, 神経内科, 25, 59-61, 1986