

【 原 著 】

深度200m及び200-300mのヘリウム酸素飽和潜水時における短潜時体性感覚誘発電位の変化

小沢 浩二

200m及び200-300m飽和潜水時に正中神経の電気刺激による短潜時体性感覚誘発電位を測定した。測定は保圧中及び減圧中に実施した。いずれの飽和潜水においても、以前に飽和潜水の経験のある6名の職業潜水員を被験者とした。結果は以下の通りであった。

- 1) N13成分の潜時は保圧時から減圧初期にかけて増加していた。従って、深深度では延髄までの末梢神経での伝導に遅延が生じていたことが推測された。
- 2) N20成分の潜時も保圧時から減圧初期にかけて増加していた。ただし、中枢伝導時間は飽和潜水期間を通じて変化しなかったことから、延髄から第一次体性感覚野までの神経伝導は影響されなかったことが示唆された。
- 3) 今回の飽和潜水中に起きたSSEPの変化は高圧神経症候群の特徴とは異なっていたが、SSEPの測定のタイミングに問題があったため、SSEPの変化がHPNSと関連があるのかどうかは不明であった。この問題を解決するため、加圧中のSSEPの変化について更なる研究が必要である。

キーワード 短潜時体性感覚誘発電位、ヘリウム酸素飽和潜水、高圧神経症候群

Changes in Short Latency Somatosensory Evoked Potential during 200 m and 200-300 m Helium-oxygen Saturation Dives

Koji Ozawa

Undersea Medical Center, JMSDF.

The short latency somatosensory evoked potential (SSEP) to median nerve stimulation was measured during 200 m and 200-300 m helium-oxygen saturation dives; measurement was made during the bottom and decompression phases. Six professional divers with saturation diving experience served as subjects in each dive. The results were as follows;

- 1) The latency of N13 component increased during the bottom and early stages of decompression. It was therefore inferred that the peripheral nerve conduction to the medulla was delayed at great depths;
- 2) The latency of N20 component also increased during the bottom and early stages of decompression. However, the central conduction time remained unchanged throughout the dives, which suggests that the nerve conduction from the medulla to the primary sensory cortex was not affected during the dives;
- 3) Although the characteristics of SSEP change during these dives were not typical of HPNS, it was uncertain whether the SSEP changes related to HPNS or not because the timing of SSEP measurements was not suitable for the analysis of this problem. Further research is needed to clarify SSEP change during compression in order to settle this problem.

keywords SSEP, Helium-oxygen saturation diving, HPNS

1. 緒言

加圧速度により異なるものの、概ね150m以深への加圧は高圧神経症候群と呼ばれている一連の神経障害を引き起こす。高圧神経症候群の症状に関しては数多くの研究がなされており、自覚的变化(眠気、めまい、吐き気等)、前頭-中心部脳波の θ 波帯域増強、振戦の発生・増強等の特徴が明らかにされている¹⁾²⁾。一方、その発生機序に関しては、シナプス伝達の抑制等に関する薬理学的研究³⁾が進められているものの、ヒトにおいて電気生理学的に神経機能の変化を分析した研究はきわめて僅かしかない。最も基本的な神経機能である末梢神経系から中枢神経系への感覚刺激の伝導についても、聴性脳幹反応(Auditory Brainstem Response, ABR)を用いた聴覚上行路への影響に関する二三の報告があるにすぎない⁴⁾⁵⁾。

通常環境下では感覚上行路の機能を研究する手段として、上述の聴覚刺激によるABRと正中神経の電気刺激による短潜時体性感覚誘発電位(Short latency Somatosensory Evoked Potential, SSEP)の二つの方法が用いられている。一方、ヘリウム酸素高圧環境下でこれらの方法を用いる場合には、いずれの方法についても技術的な問題が発生する。ABRに関しては、測定自体は容易であるものの、音の媒体が高密度のヘリウム酸素混合ガスとなるため、聴覚刺激の制御(音圧、周波数)自体が困難であるという欠点がある。SSEPに関しては、刺激部位の同定に技術を要するものの、高圧下でも電気刺激の制御は容易に行うことができる。ただし、電気刺激自体がノイズ源となることに加え、ライフサポートシステムの各種電気機器からSSEPの周波数帯域と重なる様々なノイズが混入するため、測定自体が難しいという問題を抱えている。

筆者らは数年にわたり、高圧環境下でのSSEPの測定法について研究を実施してきた。その結果、導出方法等を工夫することにより150m以深の深深度においても安定したSSEPの記録が可能となった。そこで、200m及び200-300mヘリウム酸素飽和潜水時に正中神経の電気刺激によるSSEPを測定し、このような高圧環境が感覚刺激の伝導という基本的な神経機能に及ぼす影響について検討した。

2. 方法

1)被験者

200m及び200-300m飽和潜水のいずれについても、以前に飽和潜水の経験のある6名の成人職業潜水員を被験者とした(平均年齢, 200m飽和潜水:36±9.5歳; 200-300m飽和潜水:32±4.3歳)。事前に測定の方法や目的等を説明し、被験者から了解を得た。

2)加減圧スケジュール, SSEPの測定時点及び環境制御

200m飽和潜水では、150mまで1.0m/分で加圧し、この深度で5時間の保圧後に200mまで0.5m/分で加圧した。200mでの第3日目の夕方に減圧を開始し、8日後に0mに復帰した。SSEPの測定は、事前(加圧前)、200mでの第3日目、減圧中の150m及び100mの時点及び事後(減圧終了後)に実施した。200-300m飽和潜水では、200mまでの加圧は200m飽和潜水と同様であり、200mで7日間の保圧を行った。第7日目の午前に0.5m/分で250mまで加圧し、この深度において1時間の保圧後に300mまで0.25m/分で加圧した。300mで10日間の保圧を行った後に減圧を開始し、約12日かけて0mに復帰した。SSEPの測定は、事前、200m保圧時に2回(保圧第3, 第6日目)、300m保圧時に3回(保圧第2, 第4, 第8日目)、減圧中の200m, 100m, 50m 時点及び事後に実施した。

飽和潜水期間中の居住区の室温は、ヘリウムの高い熱伝導度を考慮して快適環境を保つために、29℃から32℃の間で制御された。酸素分圧は保圧中が0.42ATA、減圧中が0.50ATAに保たれた。

3)SSEP及び皮膚温の測定

SSEPは右手関節部正中神経の電気刺激により誘発した。刺激強度は感覚閾値プラス運動閾値とし、0.2ミリ秒の刺激を平均3Hzのランダムな間隔で与えた。事前計測時に各被験者ごとに刺激強度を決定し、この強度の刺激を事後測定を含む全飽和潜水期間を通じて用いた。

利用可能な貫通コネクタには電極の接続数に制限があったため、非頭部基準電極を用いた導出は行わず、ノイズの影響の少ない頭部基準導出法により測定した。すなわち、Fzを基準部位としてCP3及びC5sから導出した。増幅器のフィルター設定は20Hzから3000Hzのバンドパスとし、日本光電製誘発電位

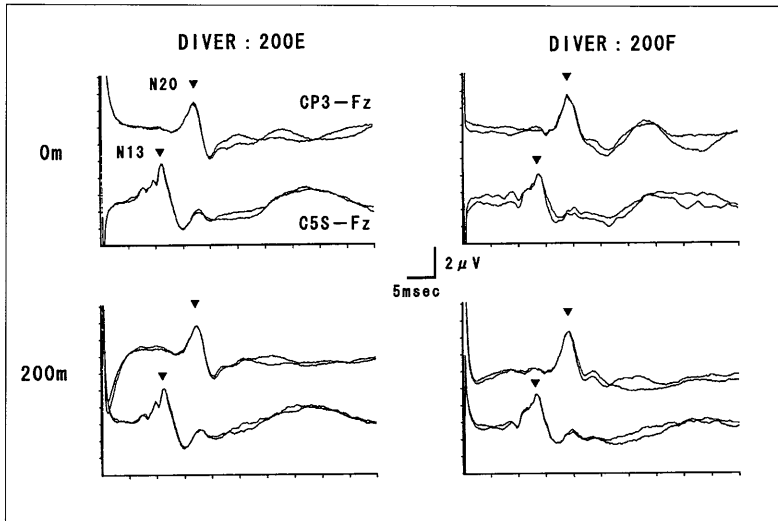


Fig.1 Examples of SSEP measured from two divers at 0 m and 200 m.

Measurement was repeated twice in order to confirm the reproducibility of response. Clear peaks in the CP3-Fz (N20) and C5S-Fz (N13) leads were observed at 0 m as well as at 200m.

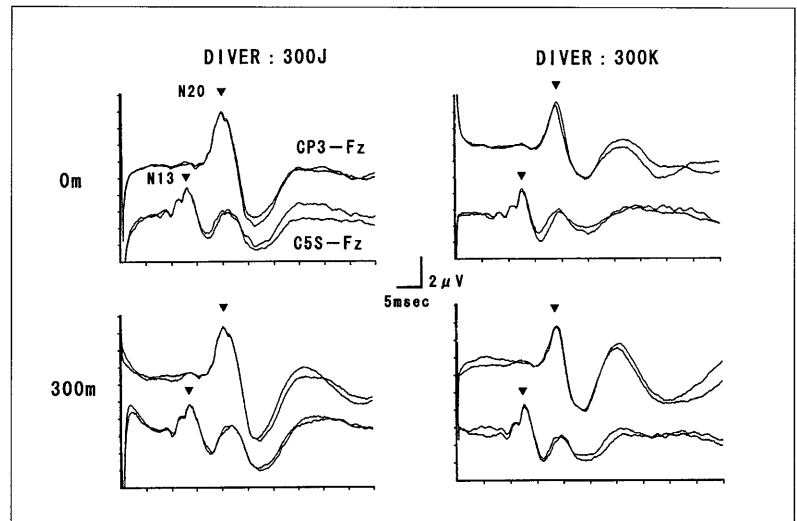


Fig.2 Examples of SSEP measured from two divers at 0 m and 300 m.

Measurement was repeated twice in order to confirm the reproducibility of response. Clear peaks in the CP3-Fz (N20) and C5S-Fz (N13) leads were observed at 0 m as well as at 300m.

検査装置 (MEB-5304) を用いて加算平均法により誘発反応を抽出した。加算回数は1000回とし、反応の再現性を確かめるため測定を2回繰り返した。なお、上述の測定法は、日本臨床神経生理学会 (旧日本脳波・筋電図学会) が示している短潜時体性感覚誘発電位の測定指針のA案⁶⁾にほぼ準じたものである。

SSEPには体温、特に低体温が影響するため、皮膚温プローブ (日本光電製, YSI-409JG) を用いて SSEP測定中の右前腕部皮膚温を記録した。なお、このような電極等の装着作業ならびに測定の実施に関わる諸作業は、准看護師の資格を持つ1名の潜水員によって行われた。

3. 結果

1) 保圧時におけるSSEP波形

2名の被験者について、200m飽和潜水時の保圧中に測定したSSEPを事前(0m)の測定結果と比較したのが図1である。事前測定では、いずれの被験者においても2回の測定でN13 (C5s-Fz導出) 及びN20 (CP 3-Fz導出) のピークの一致する、再現性の良い記録が得られた。200m保圧時においても、事前と同程度に再現性の良い測定が可能であった。なお、被験者によってはC5s-Fz導出にはN13にN9やN11が重畳することもあった (例:図1の200E)。2名の被験者について、200-300m飽和潜水時の300m保圧中に測定したSSEPを事前の測定結果と比較したのが図2である。いずれの被験者においても、事前と同様に300m保圧時にもN13とN20のピークが一致

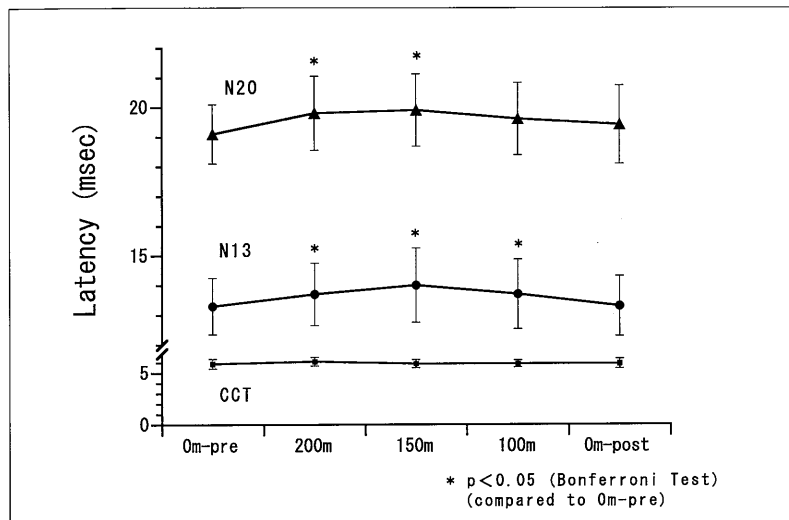


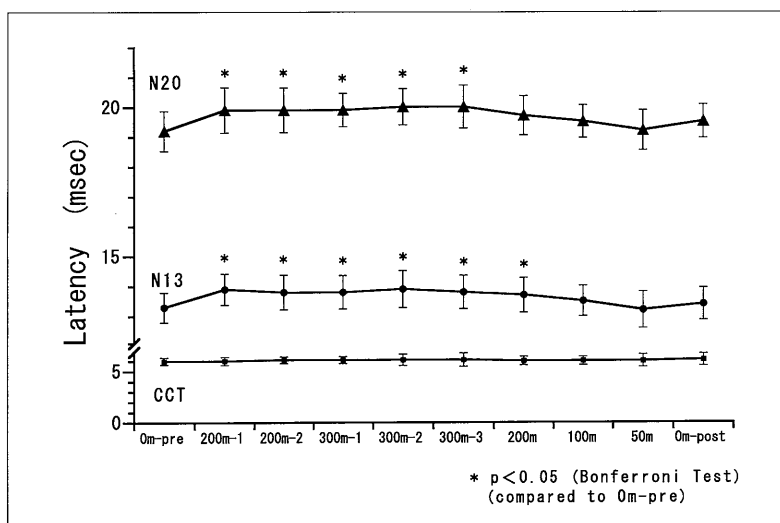
Fig.3 Changes in the peak latency of N13 and N20 components during the 200m dive.

There were significant delays in N13 latency during the bottom (the 3rd day at 200m) and decompression (150m, 100m) compared to that of pre-dive (0m). N20 latency also delayed significantly at 200 m and 150m. The CCT (central conduction time), which was the difference between these two latencies, showed almost no change throughout the dive.

Fig.4 Changes in the peak latency of N13 and N20 components during the 200-300m dive.

There were significant delays in N13 latency during the bottom (200m-1, 200m-2, 300m-1, 300m-2 and 300m-3) and decompression (200m) compared to that of pre-dive (0 m). N20 latency also delayed significantly during the bottom (200m-1, 200m-2, 300m-1, 300m-2 and 300m-3). The CCT showed almost no change throughout the dive. 200m-1, -2: the 3rd and 6th day at 200 m.

300m-1,-2,-3: the 2nd, 4th and 8th day at 300m.



する再現性の良い記録が得られた。他の 8 名の被験者についても、これらの 4 名の被験者と同様に、高圧下においても良好な測定が可能であった。そこで、N13とN20の潜時（頂点潜時）を測定するとともに、これらの成分の潜時の差である中枢伝導時間（CCT: Central conduction time）⁷⁾を算出した。

2) 各成分の潜時及びCCTの推移

図 3 に200m飽和潜水時におけるN13とN20の潜時及びCCTの推移を示した。N13潜時は200m保圧時には遅延しており、この遅延は減圧中も持続していた。一般線型モデルに基づく分散分析の結果、個人差 ($F(5,20) = 158.606$) とともに深度条件の効果 ($F(4,20) = 12.379$) は 1%以下の水準で有意となり、多重比較の結果 (Bonferroni test), 200m, 150m及び100mの測定値には事前の測定値との間に 5%水

準で有意な差異が認められた。N20潜時にも同様の変化が認められ、個人差 ($F(5,20) = 95.954$) とともに深度条件の効果 ($F(4,20) = 6.320$) は 1%以下の水準で有意となり、多重比較の結果、200m及び150mの測定値には事前の測定値との間に 5%水準で有意な差異が認められた。ただし、CCTは全飽和潜水期間を通じてほぼ一定であった。

図 4 は200-300m飽和潜水時におけるN13とN20潜時及びCCTの推移を示した図である。N13潜時は200m保圧中には遅延しており、この遅延は300m保圧中及び減圧中も持続し、50mに減圧した時点でほぼ加圧前の値に戻っていた。一般線形モデルに基づく分散分析によると、個人差 ($F(5,45) = 87.449$) とともに深度条件の効果 ($F(9,45) = 10.793$) は 1%以下の水準で有意となり、多重比較の結果、200m保圧

中(200m-1,2), 300m保圧中(300m-1,2,3)及び200m減圧時の測定値には, 事前の測定値との間に5%水準で有意な差異が認められた。N20 潜時にも同様の変化が認められ, 個人差($F(5,45) = 50.399$)とともに深度条件の効果($F(9,45) = 6.665$)は1%以下の水準で有意となり, 多重比較の結果, 200m保圧中及び300m保圧中の測定値には, 事前の測定値との間に5%水準で有意な差異が認められた。CCT に関しては, 全飽和潜水期間を通じて有意な変化は認められなかった。なお, N13潜時とN20潜時のいずれについても, 保圧深度間(200m vs 300m)には有意な差異は認められなかった。

3) 皮膚温

各被験者の右前腕部皮膚温は, 事前及び事後(常温の室内環境)測定時には $32.7 \sim 34.1^{\circ}\text{C}$ であった。飽和潜水中には居住区の室温は $29 \sim 32^{\circ}\text{C}$ に制御されたが, 各被験者の前腕部皮膚温は $32.3 \sim 34.2^{\circ}\text{C}$ に保たれていた。

4. 考察

1) ヘリウム酸素高圧環境下の体性感覚誘発電位(SEP及びSSEP)について

ヘリウム酸素高圧環境下の体性感覚誘発電位に関してはごく僅かな研究しかなされていない。比較的測定が容易なSEP(中潜時及び長潜時成分)については, 484mと686m飽和潜水時⁸⁾⁹⁾に測定が行われ, 短潜時成分と関係する初期成分についても言及されている。Simpsonら⁸⁾によると, 初期成分は深深度への加圧により遅延する傾向があるものの統計的な差はなく, Spencerら⁹⁾も加圧による変化を認めていない。皮質下の成分を含むSSEPに関する唯一の報告として, 180mのヘリウム酸素短時間潜水時に2名の被験者から測定した事例¹⁰⁾があるが, この報告では定量的な分析には至っていない。本研究において, 200m及び200-300m飽和潜水時に, 保圧時から減圧初期にかけて第一次体性感覚野の反応とされるN20 潜時が延長していたことは, 従来の知見⁸⁾⁹⁾とは異なり, 比較的浅深度においても皮質への感覚刺激の到達が遅延することを示唆している。

本研究の結果では, 保圧時から減圧初期にかけて

N20成分のみならず皮質下起源のN13成分の潜時も遅延しており, しかも, 両成分の潜時の差であるCCTは事前, 事後を含む全飽和潜水期間を通じてほぼ一定であった。従って, N20成分の変化はN13成分に連動して引き起こされたものであり, N13成分までの遅延により, 体性感覚刺激の皮質への到達が遅延していたと言えよう。

本研究においては, Fzを基準とした頭部基準導出法によって測定したため, SSEPの各成分の発生源同定には若干の問題がある。CP3から測定されるN20成分の発生源が第一次体性感覚野にあることについては確定しているものの^{7)11)~13)}, C5sから測定されるN13成分はFzから測定される反応とC5sから測定される反応の合成されたものであり, N13成分自体の発生源があるわけではない。ただし, 非頭部基準導出法による研究結果から, このN13成分の元になっている反応の発生源が頸髄から延髄のレベルにあることが明らかにされている¹²⁾。従って, 今回の研究結果は, ある深度以深では延髄までの末梢レベルでの神経伝導に遅延が生じていたこと, 一方, 中枢伝導時間に変化は認められなかったことから延髄から大脳皮質に至る中枢レベルでの神経伝導には変化はなかったことを示している。

高圧下における感覚刺激の神経伝導に関係する研究として, Lorenzら⁴⁾⁵⁾は615m, 560m及び450m飽和潜水時にABRを測定しているが, 明確な結論は出されていない。615mと560m飽和潜水においては第I~III成分の潜時に変化は生じなかったのに対し, 450m飽和潜水では末梢レベルの伝導に促進(第I波の潜時の短縮)が認められたことが報告されている。ただし, 彼らはこの促進は神経機能の変化によるというよりも, 高密度ヘリウムガス環境では聴覚系の伝達特性自体が変化してしまうために引き起こされたのではないかと述べている。一方, Todnemら¹⁴⁾は360m飽和潜水時に誘発筋電図法により知覚神経伝導速度を研究し, 環境圧の増加とともに伝導速度が低下する(すなわち伝導が遅延する)ことを報告している。本研究によるSSEPの測定と, Todnemらによる神経伝導速度の測定とが同様の結果を導き出したことを考慮すると, ヘリウム酸素高圧環境下におけ

る末梢レベルの神経伝導の遅延は一般的に認められる現象ではないかと推測される。

ただし、SSEPの発生にかかわる体性感覚上行路(振動覚等)は延髄のレベルでシナプスを形成しているため、N13潜時にはシナプス電位も関与していると考えられており、体性感覚誘発電位法によって神経伝導速度を計測するためにはErb点においてN9を測定することが必要であるとされている⁷⁾。従って、加圧による体性感覚上行路の末梢レベルでの神経伝導の遅延自体を把握するためには、今後、EPI-NC導出によるN9の測定を試みる必要があるだろう。また、N9を測定してN13及びN20との頂点間潜時を計測することにより、末梢レベルから腕神経叢、頸髄、延髄をへて大脳皮質に至る神経伝導が、加圧によって如何なる影響を被るのかを定量的に分析することができよう。

2) N13 潜時の遅延の原因について

ヘリウム酸素飽和潜水時には、環境圧以外にも多くの心理的、物理的要因の関与が考えられる。従って、これらの要因が今回の測定で認められたN13 潜時の遅延にどのように影響していたのかを検討する必要がある。

飽和潜水の各段階、すなわち加圧期、保圧期、減圧期のそれぞれにおいて様々な心理的变化(不安、ストレス等)が発生し得る。心理的要因は誘発電位の潜時や振幅に影響し、心理的要因自体によって引き起こされる成分(事象関連電位)もある。ただし、一般的に潜時の短い成分ほど心理的要因の影響は少なくなり、美馬ら¹⁵⁾によれば体性感覚誘発電位に関してはN20及びこれより潜時の短い成分には心理的要因の関与はないとされている。特に、N13成分については入眠やベンゾジアゼピン等の向精神薬の投与も影響しないとされている¹¹⁾ことから、N13 潜時には心理的要因の影響はないと言えよう。

飽和潜水時のSSEP測定において、環境圧以外の物理的要因として考慮する必要があるのは環境温と高分圧酸素である。体温、特に低体温はSSEPに影響し、体温が30℃以下になると潜時の延長が顕著となり、24℃以下では反応自体が消失するとされている¹⁶⁾。そこで、通常の室内環境下においては室温の

制御はSSEP測定の要件とはされていないものの^{6)7)~11)}、前腕部皮膚温が31~35℃の範囲で測定することを推奨する研究者もいる¹⁷⁾。本研究では、飽和潜水期間中はヘリウムの高い熱伝導度を考慮して室温を29℃から32℃の間に制御した結果、前腕部皮膚温は32.3~34.2℃に保たれていた。従って、高めに設定された居住区の環境温により高圧ヘリウム酸素環境下でも低体温の発生はなく、N13 潜時にも影響はなかったと言えよう。

高気圧酸素がSSEPに及ぼす影響については、体系的な研究はほとんどなされていない。本研究(200-300m飽和潜水時)では、酸素分圧が0.42ATAの保圧中にN13潜時の遅延は最大となり、酸素分圧がより高めの0.5ATAに保たれていた減圧時(50m時点)に加圧前の値に戻っていた。従って、0.5ATA程度の酸素分圧はN13 潜時に影響しないのではないかと推測されるものの、本研究では高分圧酸素を慢性的に暴露したことになるため、何らかの順応の効果の有無も考慮しなくてはならず、この問題について明確な結論を出すことはできない。高気圧酸素の急性暴露によるSSEPへの影響についてはMitchellら¹⁸⁾により研究されている。彼らは1ATA空気、1ATA純酸素、2.8ATA空気、2.8ATA純酸素呼吸時のSSEP(下肢刺激)を比較し、Pf成分(潜時9ミリ秒前後の最初の成分)以降の各成分の潜時には影響はなかったことを報告している。Pf成分については、2.8ATA空気呼吸(酸素分圧:0.58ATA)では変化は認められず、2.8ATA純酸素呼吸により潜時が遅延したものの、1ATA純酸素呼吸ではそれ以上の遅延が生じており、高気圧酸素による一貫した影響は認められていない。高気圧酸素がSSEPに及ぼす影響については知見が少なく不明な点が多いが、本研究結果及びMitchellらの研究結果から、少なくとも0.5ATA程度の酸素分圧はSSEP潜時に影響しないのではないかと考えられる。

以上のように、N13への心理的要因の関与は無視できること、飽和潜水時にN13の変化を引き起こす可能性のある環境温、酸素分圧の影響はなかったと考えられることから、本研究で認められたN13 潜時の遅延の原因は高圧自体であると言えよう。

3) SSEPの変化と高圧神経症候群との関係

深深度への加圧により発生する高圧神経症候群の各種症状は、深度の増加とともに悪化すること、一定深度での保圧中に減弱もしくは消失すること等の特徴があるとされている^{1)~3)}。今回の測定で認められたN13成分の潜時の遅延は、200m保圧時と300m保圧時で差異がなかったこと、保圧期間を通じて持続し減圧時まで認められたことなど、このような高圧神経症候群の特徴とは異なる性質を示した。従って、このN13成分の遅延は、高圧神経症候群とは異なるタイプの生理学的現象である可能性もある。

ただし、本研究では加圧中及び加圧終了直後の測定がななされておらず、このような時点ではN13のみならずN20やCCTにも大きな遅延が生じていたことも考えられる。また、200mと300m間にN13潜時に差異が認められなかった点についても、300mでの測定が200mでの7日間の保圧後になされたため、この間に何らかの順応が生じていた結果、300m加圧による影響が弱まっていた可能性も否定できない。さらに、200-300m飽和潜水では、減圧時に事前測定値との有意差が消失する深度(200m:最大深度到達より14日後)が200m飽和潜水時の深度(100m:最大深度到達より7日後)より深かったことも、環境圧低下の要因に加えてこのような順応過程の関与により説明できるかもしれない。加圧によるSSEPの変化と高圧神経症候群の関係については、加圧スケジュールを考慮した測定により、更に検討する必要がある。

5. 要約

200m及び200-300m飽和潜水時に正中神経の電気刺激による短潜時体性感覚誘発電位を12名の職業潜水員を被験者として測定した。深深度においても再現性の良い測定が可能であり、すべての被験者からN13成分とN20成分の同定が可能であった。

N13成分の潜時は保圧時から減圧初期にかけて遅延しており、ある深度以深では延髄までの末梢神経での伝導に何らかの影響が生じていたと推測された。N20成分の潜時にもN13成分と連動した遅延が見られたものの、中枢伝導時間は飽和潜水期間を通じてほぼ一定であり、今回の測定では中枢レベルでの伝導には

加圧の影響は認められなかった。

このようなSSEPの変化は高圧神経症候群の各種症状とは異なる動態を示したことから、SSEPの変化が高圧神経症候群とは異なる型の生理学的現象である可能性がある。ただし測定タイミングの問題もあり、今後、この関係について検討する必要がある。

引用文献

1. Remaire, C. & Rostain, J. C.: The high pressure nervous syndrome and performance. Octares: Marseille 1988
2. 小沢浩二, 大岩弘典, 辰濃治郎: 31絶対気圧ヘリウム酸素飽和潜水時における二次元脳電図の変化 日高圧医誌 25:97-106, 1990
3. Bennett, P.B. & Rostain, J.C.: The high pressure nervous syndrome. In Bennett, P.B. & Elliott, D.H. (Eds.), The Physiology and Medicine of Diving. 4th Ed., W.B.Saunders: London 194-237, 1993
4. Lorenz, J., Athanassenas, G., Hampe, Plath, G & Wenzel, J.: Human brainstem auditory-evoked potentials in deep experimental diving to pressures up to 62.5 bar. Undersea Biomed Res 19: 317-330, 1992
5. Lorenz J, Brooke ST, Petersen R, Torok Z, Wenzel J.: Brainstem auditory evoked potentials during a helium-oxygen saturation dive to 450 meters of seawater. Undersea Hyperbaric Med 22: 229-224, 1995
6. 日本脳波・筋電図学会誘発電位検査法委員会: 誘発電位測定指針(1997年改訂) 脳波と筋電図 26: 185-200, 1998
7. Marc R.N. (Chairman) IFCN recommended standards for short latency somatosensory evoked potentials. Electroencephal Clin Neurophysiol 91: 6-11, 1994
8. Simpson, D.M., Harris, D.J. & Bennett, P.B.: Latency changes in the human somatosensory evoked potential at extreme depths. Undersea Biomed Res 10: 107-114, 1983

9. Spencer, J., Findling, A., Bachrach, A.J., Gelfand, R., Lambertsen, C.J. & Karreman, R. : Tremor and somatosensory studies during chamber He-O₂ compressions to 13.1, 25.2, 37.3, and 49.4 ATA. *J Appl Physiol : Respirat Environ Excercise Physiol* 47 : 804-812, 1979
10. Wada, S., Yokota, A., Mastuoka, S., Kadoya, C. & Mohri, M. : Effects of hyperbaric environment on human auditory middle latency response (MRL) and short latency somatosensory evoked potential (SSEP) . *J UOEH* 11: 441-447, 1989
11. American EEG Society. AEEGS Guidelines on evoked potentials. Standards for short latency somatosensory evoked potential. *J Clin Neurophysiol* 11: 66-73, 1994
12. 園生雅弘：正中神経電気刺激による体性感覚誘発電位 (S E P) 黒岩義之, 園生雅弘 (編) 臨床誘発電位ハンドブック 東京：中外医学社, 116-137, 1998
13. 山田徹：正中神経刺激短潜時体性感覚誘発電位 (S S E P) の起源を探る 脳波と筋電図 25 : 291-302, 1997
14. Todnem K., Knudsen, G., Riise, T., Nyland, H. & Aarli, J.A. : Nerve conduction velocity in man during deep diving to 360 msw. *Undersea Biomed Res* 16 : 31-40, 1989
15. 美馬達哉, 柴崎浩：大脳皮質における体性感覚認知機構 (1) 臨床脳波, 42:725-732, 2000
16. 桑田俊和, 船橋利理, 小倉光博, 中井三量, 辻直樹, 林靖二, 駒井則彦：低体温に伴う短潜時体性感覚誘発電位 (SSEP), 聴性脳幹反応 (ABR) の変化 - 低体温下体外循環中の脳機能モニターとしての有用性について - 臨床脳波31:526-529, 1989
17. Lueders, H., Lesser, P.R., Hahn, J., Little, J. & Klem, G.: Subcortical somatosensory evoked potentials in median nerve stimulation. *Brain*, 106 : 341-372, 1983
18. Mitchell, P., Ervin, C.W., Camporesi, E.M., Moon, R.E., Goad, R., Mebane, Y., Stolp, B. & Bennett, P.B. : Latency and amplitude of somatosensory evoked potentials in normal subjects breathing air and oxygen at 1 and 2.8 ATA. In Bove, A.A., Bachrach, A.J. & Greenbaum, L.J.Jr (Eds) , *Underwater and Hyperbaric Physiology IX*; Pp.1025-1030, Undersea and Hyperbaric Medical Society : Bethesda 1987