

●シンポジウム：高圧・低圧で発症する減圧症について

高所移動に伴う減圧症

山見信夫*¹⁾ 眞野喜洋*¹⁾ 芝山正治*²⁾ 高橋正好*³⁾

高所移動に伴う減圧症の報告は非常に少ないので、ここでは、以前、我々が報告した潜水後の高所移動の研究（関東に在住するスポーツダイバーの特異的な潜水活動、日本臨床スポーツ医学会誌7巻1号p.68-75, 1999, UJNR15thMeeting, p.203-206, 1999）について紹介した上で、予防策について考察する。

上記の研究では、DAN Japan ホットラインの症例について、潜水後高所移動しなかった63例と、高所移動した35例を検討した。潜水後高所移動した症例は、高所移動しなかった症例よりも潜水後から減圧症発症までの時間が長かった（ $p < 0.001$ ）。また、高所移動した減圧症発症例には、潜水終了時点での反復グループ記号がAからFのダイバーは存在なかった。よって、高所移動するダイバーの減圧症の予防方法として、反復グループ記号を採用するのが望ましいと考えた。

キーワード：潜水，減圧症，標高

1. はじめに

減圧症は潜水によって発症するが、軍隊の飛行訓練などによる低圧曝露によっても起こる⁹⁾。しかし、潜水を伴わない陸上の高所移動による減圧症の発症はこれまで報告がなく、陸上の高所移動に伴う減圧症は、すべて高所移動前に潜水をしている症例である。ここでは、我々が以前検討した、高所移動に伴う減圧症の研究について紹介する。また、これまで潜水後の飛行機搭乗については、多くのガイドラインが提唱されているが¹⁵⁾、陸上の高所移動について言及したものはほとんどない⁴⁾¹³⁾なので、予防方法についても考察する。

2. 方 法

1) 対象と調査内容

対象は1992年4月から1998年3月までの6年間に

Divers Alert Network (DAN) Japanの24時間緊急電話ホットラインで対応した減圧症205名のうち、SCUBA潜水を行ったスポーツダイバー、およびそれらのダイバーを引率したインストラクターまたはガイドダイバーとした。

調査内容は、年齢、性別、在住地の都道府県名、潜水地、潜水地から帰宅場所までの経路、潜水開始時間、最大深度、潜水時間、水面休息时间、浮上速度が18 m/分以上か否か、潜水終了時間、前日の潜水終了から当日（調査対象とした潜水）の1回目の潜水までが12時間以上経過していたか、高所を移動したダイバーについては、そのダイバーが最も高い標高に到達した時間、発症時間、高気圧酸素療法を受ける前の前処置、潜水終了から高気圧酸素療法を受けるまでに出現した症状、臨床所見、病型とした。複数回、潜水を行ったダイバーについてはそれぞれの潜水について、最大深度、潜水時間、各潜水間の水面休息时间を調べた。潜水時間は、通常、潜降開始から浮上（減圧）開始までの時間であるが、マルチレベルの潜水では、浮上開始時点を知ることは不可能であるため、潜

* 1) 東京医科歯科大学医学部保健衛生学科

* 2) 駒沢女子大学

* 3) 資源環境技術総合研究所安全工学部

水開始から海面に浮上するまでの時間とした。高所は標高400 m以上とした。圧力については気象による影響を考慮しなかった。発症時間は、ダイバーが最初の症状を自覚した時間とした。減圧症の病型はⅠ型またはⅡ型に分けられた。搔痒や発疹などの皮膚症状が出現した減圧症はⅠ型に分類した。調査はダイバーが携帯しているダイビングコンピュータ、電話による問い合わせ、医療施設受診時の問診、診療時の診療録、および受診先の医師からの情報提供によって行われた。

以下にあげた症例については対象者としなかった。調査内容のいずれかが得られなかった症例、高所移動をしたか否かが不明な症例、前日の潜水から水面休息時間が12時間以上経過していない症例、漁業者、ダイビングインストラクターまたはガイドダイバー以外の職業ダイバー、高所潜水をした症例、1度潜水してから次の潜水を行うまでの間に高所移動をした症例、潜水前より何らかの症状があった症例、一連の潜水においてSCUBA以外の器材を使用して潜水した症例、水面休息時間中の発症例、動脈ガス塞栓症、またはそれとの鑑別ができなかった症例、潜水終了後に飛行した症例、高気圧酸素療法を受ける前に酸素吸入などの前処置を行った症例、空気ボンベ以外のガスを使用して潜水した症例である。

症例は三つのGroupに分けられた。潜水終了後高所移動しなかったにもかかわらず減圧症が発症した症例をGroup Aとした。潜水終了後高所移動した症例はGroup Bとした。Group Bについては高所移動後に減圧症が発症した症例をGroup B-a、減圧症が発症した後に高所移動した症例をGroup B-bとした。

Group Aの年齢は 30.2 ± 7.7 (平均 \pm 標準偏差)歳、性別は男性が51名、女性が12名、潜水回数は 2.0 ± 0.7 回、潜水深度は 25.3 ± 10.3 m、潜水時間は 39.4 ± 15.0 分、水面休息時間は 94.6 ± 56.7 分であった。Group B-aの年齢は 28.6 ± 4.5 歳、性別は男性が16名、女性が10名、潜水回数は 2.1 ± 0.7 回、潜水深度は 23.7 ± 8.0 m、潜水時間は 38.3 ± 11.4 分、水面休息時間は 107.9 ± 50.9 分であった。Group B-bの年齢は 25.1 ± 3.1 歳、性別は男性が4名、女性が5名、潜水回数は 1.9 ± 0.8 回、潜水深度は 31.1 ± 14.4 m、潜水時間は 35.2 ± 13.7

分、水面休息時間は 96.4 ± 34.3 分であった。

2) Group AとGroup Bについての検討

全症例について潜水終了から減圧症発症までの時間を算出し、潜水後1時間ごとの発症率を比較した。また、潜水終了から減圧症発症までの時間については、Mann-Whitney's U検定を行って、Group AとGroup Bとを比較した。Group Bについては、潜水終了から高所に到達するまでの時間を算出した。高所移動経路は国土地理院発行の関東甲信越1:500,000地方図(1992年11月1日発行)で確認された。潜水終了後2回以上高所移動するダイバーでは、最初に高所に到達するまでの時間を高所移動までの時間とした。減圧症の病型については χ^2 独立性の検定(chi-square test for independence)を行った。潜水後のダイバーの残留窒素量を示す反復グループ記号は、U.S.NAVYの標準空気減圧表(標準減圧表)¹⁸⁾によって判定された。反復グループ記号は、最終潜水の終了時点で判定された。

3. 結 果

Group Aは63名、Group B-aは26名、Group B-bは9名であった。

Fig. 1にGroup AとGroup Bについて、潜水終了から減圧症発症までの時間を示した。Group BはGroup Aより潜水終了後2時間未満の発症率が小さく、逆に2時間から7時間未満の発症率は大きかった。また、Group AとGroup Bはともに、7時間から13時間未満の発症例はないが、13時間から21時間未満の発症例があった。この時間の発症は起床時または睡眠中に覚醒し、症状を自覚した症例であった。

Fig. 2は、潜水終了から減圧症発症までの時間について、Group AとGroup Bを比較したものである。Group AとGroup Bの間には、 $p < 0.001$ で有意差があった。

Fig. 3には、Group B-aとGroup B-bについて、高所に到達した時間、減圧症が発症した時間、潜水地および帰宅地を示した。高所移動の経路と標高は、東名高速道路では御殿場付近が標高400 m以上、国道1号線では箱根が標高800 m以上、国道136号線では船原峠が標高400 m以上、西伊豆スカイラインを通過するコースでは標高800 m以

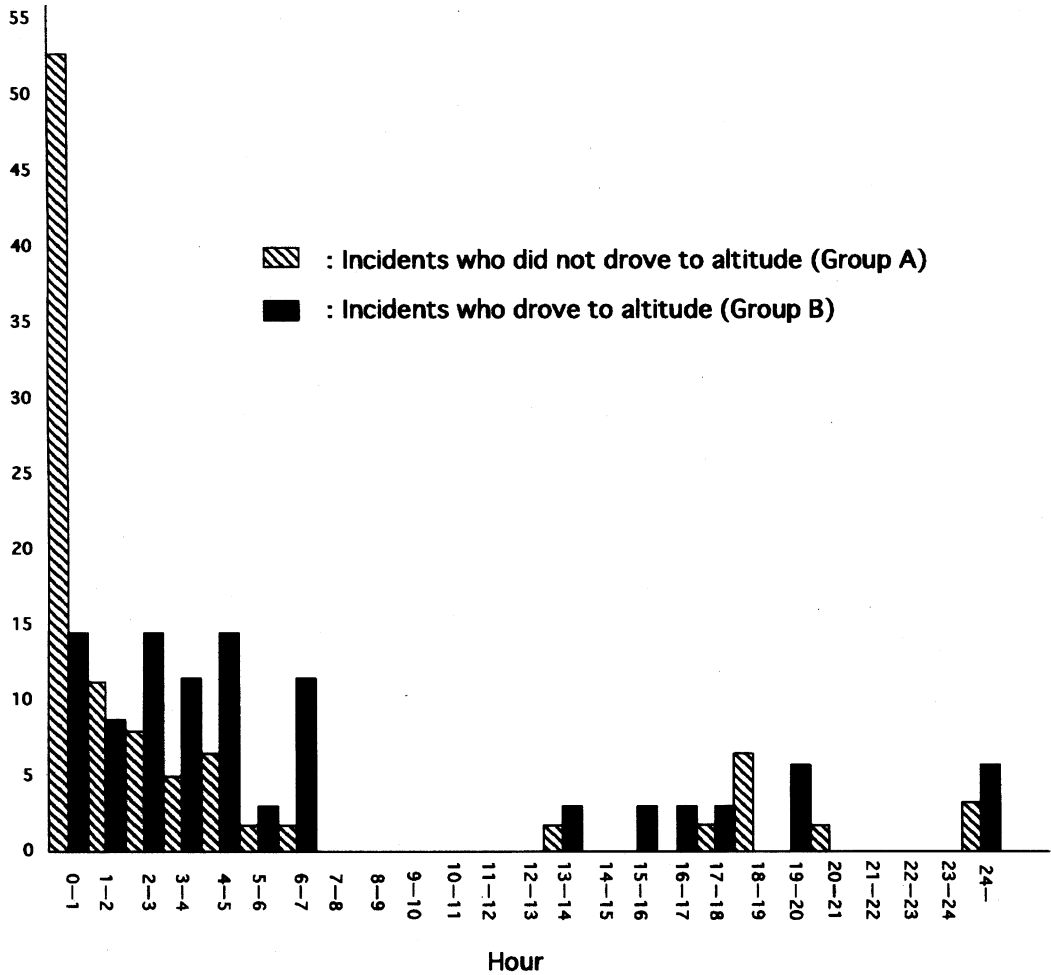


Fig. 1 Time from the exit of diving to onset of DCS

上, 国道414号線では天城峠が標高800 m以上, 箱根から乙女峠を通過するコースでは標高1,000 m以上であった。高所の移動距離は約10~30 kmであった。高所移動で最も多い経路は東名高速道路の32例(高所移動例の91.4%)であった。潜水地で最も多かったのは大瀬崎の24例(高所移動例の68.6%)であった。Table 1に標高と症例数を示した。

Fig. 4には, Group Bについて, 潜水を終了してから最高の標高に到達するまでの時間を示した。潜水終了から高所に到達するまでの時間は4.1±3.9時間であった。ほとんどの症例が潜水後2時間から5時間未満のうちに高所を通過していた。

Table 2は病型分類である。各Group間に病型の出現のし方に有意差はなかった。

Table 3はGroup A, Group B-a, およびGroup B-bにおける反復グループ記号である。全症例の85.7%(84例/98例)が反復グループ記号が判定できなかった。高所移動例においては, 反復グループ記号を判定できたダイバーには, Group AからFまでの発症者は存在しなかった。

4. 考 察

潜水終了後1時間未満の減圧症の発症は, 高所移動したグループだけでなく, 高所移動しなかったグループにおいても, これまでの報告と比較し

Table 1 The highest altitude from diving-points to home town

| Altitude | Group B-a | Group B-b |
|----------------|-----------|-----------|
| 400 <, < 600 | 21 | 8 |
| 600 <, < 800 | 0 | 0 |
| 800 <, < 1000 | 4 | 1 |
| 1000 <, < 1200 | 1 | 0 |
| | 26 | 9 |

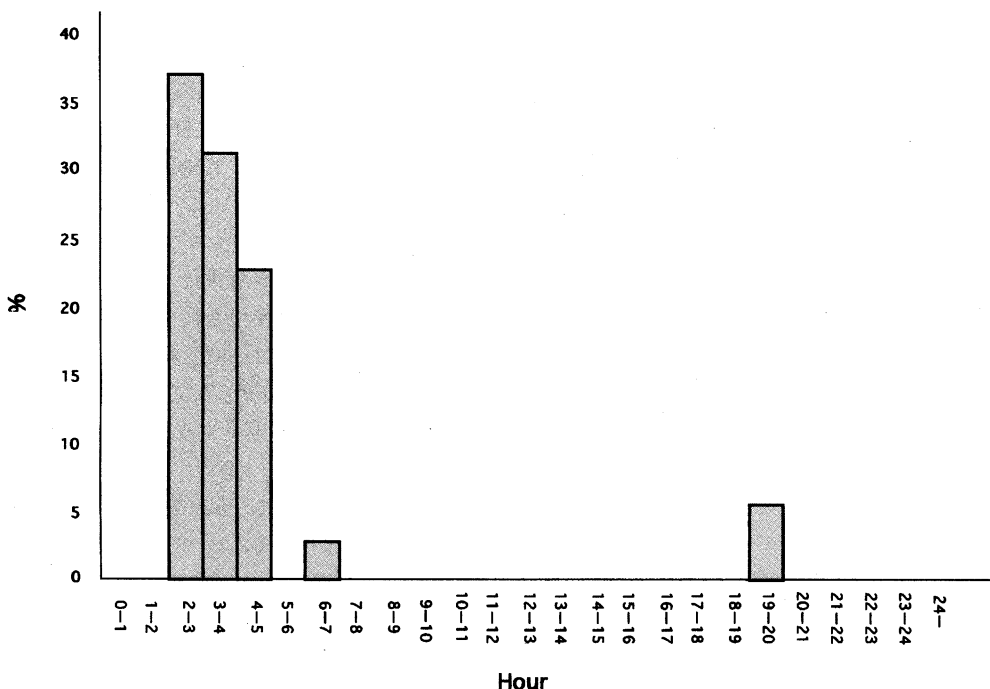


Fig.4 Time from the exit of diving to onset of DCS on Group B

Table 2 Type of DCS

| Group | Type I DCS | Type II DCS | Total |
|-----------|------------|-------------|---------|
| Group A | 26 41.3% | 37 58.7% | 63 100% |
| Group B-a | 9 34.6% | 17 65.4% | 26 100% |
| Group B-b | 1 11.1% | 8 88.9% | 9 100% |
| Total | 36 | 62 | 98 |

てその発症率が低い¹⁸⁾。通常動脈ガス塞栓症は、潜水終了後30分以内に発現するが、動脈ガス塞栓症と鑑別が困難であった症例、または合併して

いる症例を対象者としなかったことが影響しているのかもしれない。また低圧曝露後の症状の出現時期について、Vannら²⁰⁾は65例中19例(29.2%)

Table 3 Repetitive group designation for divers who did not drive to altitude, divers who drove to altitude without symptoms, and divers who drove to altitude with symptoms after diving.

| Group | A-F(%) | G(%) | H(%) | I(%) | J(%) | K(%) | L(%) | M-Z(%) | No determined (%) | Total |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------|-----------|
| Group A | 0(0.0) | 0(0.0) | 3(4.8) | 2(3.2) | 1(1.6) | 1(1.6) | 1(1.6) | 0(0.0) | 55(87.3) | 63(100.0) |
| Group B-a | 0(0.0) | 1(3.8) | 2(7.7) | 1(3.8) | 0(0.0) | 2(7.7) | 0(0.0) | 0(0.0) | 20(76.9) | 26(100.0) |
| Group B-b | 0(0.0) | 0(0.0) | 0(0.0) | 0(0.0) | 0(0.0) | 0(0.0) | 0(0.0) | 0(0.0) | 9(100.0) | 9(100.0) |
| total | 0(0.0) | 1(1.0) | 5(5.1) | 3(3.1) | 1(1.0) | 3(3.1) | 1(1.0) | 0(0.0) | 84(85.7) | 98(100.0) |

が離陸後に発症し、それ以外の多くの症例が着陸後に発症したと報告している。またWeienらは、U.S.Air Forceの訓練飛行740,000名中526例に減圧症が発症し、そのうちの23%が飛行中に、34%が飛行後2時間以内に、43%が2時間以降に発症し、飛行後12時間以降の発症例も存在したことを報告している。さらにBasonら²⁾はU.S.Navyの減圧チャンバーを用いた実験例140名の減圧症について、半数以上の被験者が減圧状態から常圧に復帰した後に発症したと報告している。我々の調査でも、高所移動後の発症例においては、高所移動後から発症までの時間は平均5.5時間と長く、低圧曝露後すぐに症状が出現しているわけではない。この傾向は、発症時間に遅れのある飛行やチャンバーの症例と類似しているといえる。また個々の症例によって発症時間には幅があるが、これらの相違は、潜水または低圧曝露のプロファイルの違い、ダイバーが受ける圧力以外の環境やストレスの違いによるものかもしれない。

早朝または夜中に症状を自覚したダイバーでは、睡眠中から症状が存在していたことが考えられ、発症時間に影響を与えている可能性がある。また今回の調査では、U.S.Navyのダイビングマニュアル¹⁾に従い、水面休息が前日の潜水終了から12時間以下のダイバーについては対象者としなかったが、12時間以上経過した症例でも、全く残留窒素がないというわけではないため、最近の潜水活動が調査に影響している可能性がある。減圧症の病型については、これまでⅡ型よりⅠ型の発症率が高いという報告が多い¹¹⁾¹⁹⁾。U.S.Navyのダイバー、経験豊富なダイバー、圧気土木業者などを対象とした報告では、減圧症の80%以上がⅠ型減圧症である⁹⁾。一方、レクリエショナルダイバーにおいては、Ⅰ型よりⅡ型が多いという

報告もあり¹⁷⁾、今回の我々の調査結果と類似している。Lehnerら¹²⁾は、長時間の浅い潜水よりも、短時間で深い潜水の方が、Ⅱ型減圧症の出現率が高いと述べており、Ⅱ型減圧症の出現の仕方には、潜水深度、潜水時間、浮上速度などの潜水プロフィールの違いが関与していると考えられる。

U.S.Navyのダイビングマニュアルでは、潜水時間は、潜水開始から減圧開始までとしている¹⁸⁾。しかし、現在日本で使用されている多くのダイビングコンピュータには、減圧開始時間を表示する機種は少なく、潜水時間として表示される時間は、潜水開始から海面に浮上するまでの時間である。通常スポーツダイバーが行うマルチレベルのダイビングの潜水において、減圧開始時点を決めることは理論的に不可能であり、今回は潜水時間を潜水開始から海面に浮上してくるまでの時間とした。またダイビングコンピュータは水深1m前後の水圧で、潜水開始と潜水終了を記録する機種が多いため、水深1m程度の誤差が生じている可能性がある。

U.S.Navyの標準減圧表は、最大深度まで潜降し、潜水中は一定の深度を維持して、その後水面に浮上するという、いわゆる箱形潜水を対象に考案されている。そのため、スポーツダイバーが行うマルチレベルの潜水プロフィールを標準減圧表で引くと、体内の残留窒素量が過大に評価され、減圧時間を余分にとらなければいけないことになる。しかしその分減圧症の発症率は低下するといえる。従ってダイビングコンピュータの指示は、マルチレベルの潜水をする限り、標準減圧表に従うよりも長時間の潜水を可能にするが、減圧症の罹患率が高くなりかねない。標準減圧表の減圧症発症率は、U.S.Navyのダイバーにおいては、0.03%・0.41%と報告されている³⁾。しかし軍事に関する

潜水では、減圧症の発症率は増加し、1.25%・1.5%であったとしている⁵⁾。我々の調査においては、標準減圧表に従い高所移動をしないにもかかわらず減圧症に罹患したダイバーの割合は12.7%であった。しかし、一方では全ダイバーの85.7%が標準減圧表から逸脱しており、ダイビングコンピュータが普及した現在においては、標準減圧表はあまり守られていないことが伺える。また標準減圧表で反復グループ記号を判定する際には、減圧速度が18 m/分以上であった症例や減圧停止を必要とする潜水を行った症例については今回の調査ではNo determinedに分類した。実海域では減圧の際に一時的な速度超過をしないということは容易なことではなく、ダイビングコンピュータにもその記録は残らない場合が多い。またダイバー自身もそれを自覚しないことは十分予想される。このため今回の調査では一時的な速度超過は考慮せず、コンピュータが記録を残した症例またはダイバー自身が速度超過を自覚していた症例のみを、減圧速度が速かった症例としてNo determined例とした。またスポーツダイバーにおいては、減圧停止を必要とするような潜水をするべきではないといわれているため¹⁴⁾、これらの症例も、No determinedに分類した。

潜水後の飛行に関するガイドラインは、スポーツダイバーが講習で使用するマニュアルにも記載されている。そのため今回対象としたダイバーの中には、陸上の高所移動の危険性を予知して、潜水後から高所移動までの時間を延長したダイバーがいるかもしれない。しかし潜水後の陸上の高所移動についての具体的な記載は、私たちが助言したマニュアル¹⁰⁾以外に見あたらない。よってスポーツダイバーが十分な知識を持って行動していることは考えにくく、飛行のガイドラインが今回の調査に影響しているとは考えにくい。

我々の調査では、高所移動したグループでは高所移動しなかったグループより潜水後から発症までの時間が長いことから、高所移動が減圧症の発症に関わっていることが示唆される。潜水後2時間・5時間の間に標高400 m・1,000 mの環境で低圧曝露されることが、減圧症の発症の誘因になっている可能性がある。標高400 m・1,000 mの環境圧は、地上気圧1,013.3 hPa、地上気温15℃、

気温の高さによる減率6.5℃/km、地上重力加速度980.7 cm/min²の標準大気状態では、計算上、約970 hPa (0.95気圧)・約900 hPa (0.89気圧)前後である¹⁶⁾。たとえば、高所移動しなかったグループの平均潜水深度25.3 mは、400 m・1,000 mの環境圧では水深26.6 m・28.4 mに相当し、1.3 m・3.1 m程度深く潜水したのと同じことになる。標準減圧表は1.5 m・3.0 mごとに区分されているため、潜水深度が数m深くなっただけでも結果的には反復グループ記号が危険になってしまう。また民間の旅客機は、標高8,000 ft (2,438 m)を飛行する場合でも、キャビン内圧がそれと同等気圧まで低下することはなく、通常、標高4,500 ft・5,500 ft (1,372 m・1,676 m)に匹敵する気圧を保持するといわれている⁷⁾。これは0.83気圧・0.86気圧であることから、今回の調査における高所移動での気圧の変化は飛行の場合より小さい。陸上の高所移動には飛行のようなガイドラインがないため、潜水後短時間のうちに高所移動をすることが減圧症の発症に影響しているものと考えられる。

5. 高所移動減圧症の予防

潜水後の飛行については、これまで数多くのガイドラインが提唱されており、その多くは潜水後の水面休息時間を示したものである¹⁵⁾。Undersea and Hyperbaric Medical SocietyのWorkshop¹⁴⁾でまとめられたレクリエーションダイバーのためのガイドラインでは、高度8,000 ftの飛行をする場合には、無減圧潜水を行ったダイバーで、48時間以内の潜水時間が合計2時間未満であれば、飛行まで12時間あけなければならない。複数回または減圧を必要とする潜水を行ったダイバーでは、24時間あけなければいけない。さらにレクリエーションダイバーが減圧停止を必要とするような潜水はするべきではないが、もしそのような状況が起こったならば少なくとも24時間は飛行を遅らせるべきであるし、可能であれば48時間あけた方がよいとしている。しかしこのような水面休息時間を制限するようなガイドラインは、国内で潜水するスポーツダイバーには受け入れ難いと考えられる。近隣の海岸に潜水しても、その日のうちに帰宅できないからである。

潜水後の飛行については、反復グループ記号を採用しているガイドラインもある⁶⁾⁸⁾。我々の調査では高所移動した症例の中に、潜水終了時の反復グループ記号が、A・Fのダイバーは存在しなかった。従って、潜水後、高所移動する際には、潜水終了時点の反復グループ記号がFより残留窒素の少ない記号であることが望ましいと考える。ただし標準減圧表を守っても減圧症の発症率は0.03%・1.5%あるため、反復グループ記号が比較的安全であっても減圧症が発症しないというわけではない。

潜水後の体内の残留窒素を少なくするための、潜水中の具体的な方法として、潜水深度を控えめにする、潜水時間を短くする、減圧時間を長くする、減圧方法を工夫（減圧中の運動など）する、減圧症になりにくい呼吸ガスを選定するなどがある。

減圧時間を長くすること（減圧速度を10～18 m/分以下にする、安全停止をするなど）が、残留窒素を少なくすることは、スポーツダイバーにもよく知られている。しかし、深い深度より浅い深度の減圧時間を延ばした方が効率的であることや、減圧停止中など、減圧中に運動した方が窒素の排泄が早いことなどについては、あまり知られていない。

一方、スポーツダイバーが使用するガスとして、近年、エンリッチド・エア・ナイトロックスが普及してきた。ナイトロックスは、正しく使えば減圧症発症のリスクを減らすことができる。しかし、スポーツダイバーの中には、ナイトロックスを使用すれば、減圧症になりにくいため、空気よりも深く潜れると思い、空気用テーブルをナイトロックス用に修正して、その限界まで潜水するダイバーもいる。これまで、ダイブコンピュータも普及はしてきたが、有効な使い方をしない人たちが多く、結局、全体的には減圧症の数は減っていない。ナイトロックスも、使い方を間違えれば同様の結果になりかねない。

浅い深度での酸素吸入も、減圧症の予防としては非常に有効である。ただし、スポーツダイバーが水中で酸素を呼吸することについては異論が多い。

NOAAのダイビングマニュアルには、潜水後の

酸素吸入によって、飛行までの水面休息時間を短縮することができることが記載されている。DAN Japanでは、数年前より、一般スポーツダイバー向けの酸素講習会を開催している。このコースは、各潜水指導団体に所属するDAN Japan酸素インストラクターの資格のある指導者によって行われている。酸素の使用にあたっては、酸素が医薬品であることなど、法的な規制の問題もあり、現在のところ、吸入を受ける対象者の規制として、意識があり、自分の意志で吸入すること、潜水に関する障害が発生してからの応急手当として行われることとしている。しかし、潜水中、何らかのトラブルで急浮上して、減圧症発症のリスクが非常に高い場合、予防的な酸素吸入が医学的には有用と判断される場合もある。また、減圧症が発症する可能性の高いダイバーに対しての高所移動前の酸素吸入も、今後議論されるであろう。

最後に、当然の予防法としてあげられるのが、できるだけ標高の低いところを通ることである。今回示した例は、すべて伊豆半島で潜水した症例である。しかし、DAN Japanホットラインの症例だけでも、新潟、紀伊半島、九州などの地域で高所移動減圧症の発症例がある。日本の地理的特徴からすれば、どの地域でも起こりえることであり、他の地域のダイバーに対しても啓蒙する必要がある。

〔参 考 文 献〕

- 1) Air Decompression. In: U.S. Navy Diving Manual, Naval Sea Systems Command, Best Publishing Company, Flagstaff, Arizona, Chapter seven 1-44, 1985
- 2) Bason R., Yacavone D.: Decompression sickness: U.S. Navy altitude chamber experience 1 October 1981 to 30 September 1988, Aviat. Space Environ. Med. 62: 1180-1184, 1991
- 3) Bassett B.E.: Decompression procedure for flying after diving and diving at altitudes above sea level, USAF School of Aerospace Medicine, USAFSAM TR Brooks AFB, TX, 82-47, 1982
- 4) Bennett P.B., Dovenbarger J.A., Bond B.G., et al.: DAN 1987 diving accident incidence for flying after diving. In: Flying after diving. Proceedings of thirty-ninth UHMS workshop, Sheffield P.J. ed., Undersea and Hyperbaric Medical Society, Bethesda, MD: 29-34, 1989

- 5) Berghage T.E., Durman D.: U.S. Navy air decompression schedule risk analysis, Naval Medical Research Institute, Bethesda, MD, NMRI report no.80-81, 1980
- 6) Buehlmann A.A.: Die berechnung der risikoarmen dekompensation. Schweizerische Medizinische Wochenschrift 118: 185-197, 1988
- 7) Emmerman M.N.: Commercial aircraft cabin differential pressure settings and actual cabin altitudes during flights. In: Flying after diving, 39th UHMS Workshop, Sheffield P.J., ed., Undersea and Hyperbaric Medical Society, Bethesda, MD, Publication Number 77 (FLYDIV) 12/1/89), Appendix B 169-178, 1989
- 8) Flying after diving at sea level. In: The NOAA diving manual - diving for science and technology, Miller J.W., ed., Manned Undersea Science and Technology Office, U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington, DC, 6-16, 1979
- 9) Flynn E.T.: Decompression sickness. In: Camporesi E.M., Barker A.C., eds., Hyperbaric oxygen therapy: a critical review, Bethesda, MD, Undersea and Hyperbaric Medical Society 55-74, 1991.
- 10) 景森よしかつ: スクーバ・ダイバー (スペシャリティー) トレーニング・マニュアル, 日本水中健康協会, 神奈川県, 1997
- 11) Kizer K.W.: Delayed treatment of dysbarism: a retrospective review of 50 cases, JAMA 247: 2555-2558, 1982
- 12) Lehner C.E., Lanphier E.H.: Influence of pressure profile on DCS symptoms. In: The physiological basis of decompression. Proc. of the 38th UHMS Workshop. Vann R.D., ed., Undersea and Hyperbaric Medical Society, Pub. 75 (Phys) 6/1/89, Bethesda, MD, 299-326, 1989
- 13) Sheffield P.J., Cramer F.S.: Altitude decompression sickness. In: Case histories of diving and hyperbaric accidents, Waite C.L., ed., Undersea and Hyperbaric Medical Society, Bethesda, MD, 31-50, 1988
- 14) Sheffield P.J. ed.: Flying after diving guidelines for recreational divers. In: Flying after diving, Proc. of thirty-ninth UHMS workshop, Undersea and Hyperbaric Medical Society, Bethesda, MD, 164, 1989
- 15) Sheffield P.J.: Flying after diving guidelines: a review., Aviat. Space Environ. Med. 61: 1130-1138, 1990
- 16) 新・天気予報の手引き, 安斎政雄, 財団法人日本気象協会, 東京, 1994
- 17) Symptoms of DCS. In: Report on Diving Accidents & Fatalities, Divers Alert Network, Divers Alert Network, Durham, NC, 45-52, 1997
- 18) Torrey S.A., Webb S.C., Zwingelberg K.M., et al.: Comparative analysis of decompression sickness: type and time of onset, J. Hyperbaric Med., 2: 55-62, 1987
- 19) Unsworth I.P.: Analysis of ten year diving casualties 1979-1989, In: EUBS 1990 Proc., Amsterdam, Sterk W., Geeraedts L., eds., EUBS Diving Medical Center, The Netherlands, 281-288, 1990
- 20) Vann R.D., Denoble P., Emmerman M.N., et al.: Flying after diving and decompression sickness, Aviat. Space Environ. Med., 64: 801-807, 1993

(日本宇宙航空環境医学会総会との合同シンポジウムより)