日本—ハワイ間往復航海が 当直船員の体組成と循環動態に及ぼす影響

田村祐司 * ・堀安高綾 * ・米原健一** ・長南賢司**
佐野裕司*** ・片岡幸雄****

Effect of a Round Trip Voyage between Japan and Hawaii on Body Composition and Blood Circulation of Watchkeepers

Yuji TAMURA, Takaaya HORIYASU, Kenichi YONEHARA,
Kenji CHONAN, Yuji SANO and Yukio KATAOKA

Abstract

The purpose of this study is to examine the effect of a round trip voyage between Japan and Hawaii on Body Composition and Blood Circulation of watchkeepers. Body weight, skinfold thickness, blood pressure, accelerated plethysmography (APG), and sleeping periods were measured before and after east and west voyage in a round trip voyage. The subjects are five watch-keepers of the training ship "Ginga-Maru".

The results obtained are as follows;

- (1) %FAT and diastolic pressure tended to increase, and APG Index to decrease during east voyage.
- (2) %FAT is inclined to decrease, and APG Index to increase during west voyage.
- (3) Total sleeping hours of east voyage were 7.5 hours and that of west voyage were 8 hours. And main sleeping hours of the former were 4.3 hours and that of the latter were 5.8 hours.

A positive relationship between total sleeping hours and changes of APG Index (arrival data-departure data) was found in both east and west voyage.

1. はじめに

船員の生体負担に関する研究によると、職種によりエネルギー消費量や歩行量に差異が認められ、特に当直勤務に従事する船員（以下当直船員とする）の生体負担は、日勤業務に従事する船員に比較して低いことが認められている⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。また、当直船員は、4時間勤務の後8時間休憩をとり、さらに4時間勤務と8時間休憩を繰り返す勤務形態をとっており、1日を4時間単位の6交代制とし3組で航海が終了するまで繰り返し勤務を続けている。

この日勤職と異なった勤務形態の中で長期航海に従事する当直船員は、分断された睡眠による生体リズムへの不適応から睡眠障害などが生じることが知られている⁽⁴⁾⁽⁵⁾。さらに、著者らの研究により当直船員は、体型は肥満型に移行し、末梢循環動態は悪化する傾向も認められている⁽⁶⁾⁽⁷⁾。今回、時差を伴う日本—ハワイ間往復航海による東方西方航海が、当直船員の体組成と循環動態に与える影響について調査したので報告する。

* 正会員 東京商船大学 (〒135 東京都江東区越中島 2-1-6)

** 正会員 運輸省航海訓練所 (〒231 横浜市中区北仲通 5-27)

*** 非会員 東京大学 (〒153 東京都目黒区駒場 3-8-1)

**** 非会員 千葉大学 (〒260 千葉県稲毛区弥生町 1-33)

2. 調査方法

2.1 被験者

被験者は、運輸省航海訓練所練習船銀河丸（4,888総トン）の当直勤務に従事する船員5名（平均年齢 31.6 ± 6.74 歳）であった。

2.2 調査対象航海

調査は、平成6年11月4日～12月6日までの神戸→ホノルル→東京の約1か月間にわたる遠洋航海中に実施した。本航海は、時差に伴って神戸→ホノルル間の往路は1日が約23時間30分であり、ホノルル→東京間の復路は1日が約24時間30分であった。本航海の航跡図を図1に示す。

2.3 調査項目

調査項目は、体重、皮下脂肪厚、血圧、加速度脈波及び睡眠時間の5項目である。

(1) 体重

体重測定は、船内備え付けのヘルスマーターを用い、食事前に実施した。

(2) 皮下脂肪厚

皮下脂肪厚測定は、栄研式皮下脂肪計を用いて、右上腕背部及び右肩甲骨下部の2部位を測定し、その合計値（ $X\text{mm}$ ）を式1に代入し、体比重値（ Y ）を求めた⁽⁸⁾。次に、その体比重値を式2に代入し、体脂肪率（ F ）を求めた⁽⁹⁾。

$$[\text{式1}] \quad \text{体比重値}(Y) = 1.0913 - 0.00116 \times (X)$$

$$[\text{式2}] \quad \text{体脂肪率}(F) = ((4.570/Y) - 4.142) \times 100$$

(3) 血圧

血圧測定は、自動電子血圧計（オムロン社製HEM-705CP）を用い右上腕部で測定し、収縮期血圧及び拡張期血圧を求めた。また、測定は日中の当直終了後における食事摂取後約30分後に安静状態にて座位で行った。

(4) 加速度脈波

加速度脈波測定は、加速度脈波計（ミサワホーム社製プリケア200）を用い指の高さを心臓位とし、左手第3指の指尖部で測定した。なお、測定は血圧測定と同時に実施した。

加速度脈波（Accelerated plethysmography; APG）とは、非観血的な方法で簡単に末梢循環動態を捉える方法の一つである指尖容積脈波の二次微分波である。これは、指尖容積脈波やそれを1回微分して得られる速度脈波より波形の頂点が強調してあるため、波形パターンの認識や解析が容易である。

加速度脈波波形には図2に示すようにa、b、c、

図1 航跡図

指尖容積脈波

加速度脈波

加速度脈波のa～e波

←良

加速度脈波の波形タイプの分類

図2 加速度脈波波形の分析

d、e波があり、基線から上部はプラス(+)、下部はマイナス(-)と定められている。その波形は、a波の高さに対するb、c、d波の高さの様相によって、A～Gの7種類のタイプにパターン化されている。また、波形のa、b、c、dの値から加速度脈波の総合的な指標としての加速度脈波指数：APG Index = $((-b+c+d)/a) \times 100$ が算出され、波形からみる循環動態の評価はパターンではAに近づく程、APG Indexは大きい程良いとされている⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。なお、今回の分析はAPG Indexで行った。

(5) 睡眠時間

睡眠時間は、被験者自身が記入した生活行動記録表から求めた。

2.4 調査日程

各項目とも、往路及び復路の航海開始直後と航海終了直前に各1回、合計4回の調査を実施した。体重以外の測定項目は、神戸出港翌日の11月5日（以下神戸発時とする）、ホノルル入港前日の11月13日（以下ホノルル着時とする）、ホノルル出港翌日の11月22日（以下ホノルル発時とする）及び東京入港前日の12月5日（以下東京着時とする）に実施した。なお、体重測定は、航海（往路及び復路）前後の停泊中に実施した。

3. 調査結果

体重の変化(図3)は、往路において体重の比較的多い被験者Aが若干減少した一方、少ない被験者Dが若干増加していたが、他はほとんど変化せずホノルル着時に全体として一定方向に収斂していた。その後はどの被験者も顕著な変化は認められなかった。

体脂肪率の変化(図4)では、被験者Aが全日程を通じてあまり変化が認められなかったが、ほとんどの被験者において往路で若干増加し、その後日程がすすむにつれて減少傾向が認められた。

血圧の変化(図5)は、往路において収縮期血圧、拡張期血圧とも被験者CとEが低下傾向を示していたが、他の被験者に関しては、収縮期血圧の低下にも関わらず拡張期血圧は上昇していた。また、被験者Dにおいては、収縮期血圧、拡張期血圧ともに上昇していた。なお、往路の変化として、収縮期血圧、拡張期血圧ともに、出港時に高めであった者は低下し、低めであった者は上昇し、収縮期血圧は平均113 mmHg、拡張期血圧は平均71 mmHg前後に収斂していく傾向が認められた。ホノルル上陸中は、全体として拡張期血圧はホノルル発時まで顕著な変化は認められなかったが、収縮期血圧は被験者によりホ

図3 体重の変化

○印(被験者E)は、航海中に1日約15分程度のジョギングをしばしば実施していた。

図4 体脂肪率の変化

○印(被験者E)は、航海中に1日約15分程度のジョギングをしばしば実施していた。

図5 血圧の変化

○印(被験者E)は、航海中に1日約15分程度のジョギングをしばしば実施していた。

ノルル発時のばらつきが大きかった。復路においては、ホノルル発時のばらつきの大きかった収縮期血圧は、東京着時には平均117mmHg前後に収斂していく傾向であったが、拡張期血圧は、全体として多少増加傾向を示した。

加速度脈波指数 (APG Index) の変化 (図6) では、往路において、収縮期および拡張期血圧が低下傾向を示した被験者CとEの値が、ホノルル着時に上昇傾向を示したが、他の3名は低下傾向を示していた。そして、全体として平均58前後に収斂していく傾向が認められた。ホノルル上陸中においては、ほとんどの被験者がホノルル発時まで低下傾向を示していた。復路においては、ほとんどの被験者がホノルル上陸中とは逆に、上昇傾向を示していた。

往路と復路での総睡眠、主睡眠及び補助睡眠の平均時間を図7に示した。なお、主睡眠とは1日6交代当直制から生じる分断睡眠のうち長い時間帯のまとまった睡眠であり、主睡眠以外の睡眠が補助睡眠である。総睡眠時間は、往路が平均7.5時間、復路が8.0時間と復路の方が約30分多かった。主睡眠時間は、往路が4.3時間、復路が5.8時間であり、復路の方が約90分多かった。一方、補助睡眠時間は往路が3.2時間、復路が2.2時間であり、往路の方が約1時間多かった。

図8、9は、往路と復路でのAPG Indexの変化量(入港直前値－出港直後値)と1日の総睡眠時間の関連性を示したものである。往路、復路とも総睡眠時間とAPG Indexの変化量は正の相関傾向が認められた。

図6 APG Indexの変化

○印(被験者E)は、航海中に1日約15分程度のジョギングをしばしば実施していた。

図7 往路と復路での睡眠時間

図8 往路での1日当たりの総睡眠時間とAPG Indexの変化量
○印(被験者E)は、航海中に1日約15分程度のジョギングをしばしば実施していた。

図9 復路での1日当たりの総睡眠時間とAPG Indexの変化量
○印(被験者E)は、航海中に1日約15分程度のジョギングをしばしば実施していた。

4. 考察

先行研究により、長期航海における当直船員は、船上でのエネルギー消費量の減少による相対的過剰栄養のために、体型は肥満化し、末梢循環は悪化傾向を示すことが示された。今回は、東方および西方航海において、時差が全く正反対に働く航海により体組成や循環動態がどのように変化するかを検討するため

に調査を実施した。

その結果、今回被験者数が少なかったため、各症例についての検討ではあるが、基本的には先行研究と同様の傾向も認められた。

つまり、船上での特別な運動習慣を有しない当直船員においては、往路において体重の変化はあまり認められなかったが、体脂肪率は増加傾向を示していた。また、血圧特に拡張期血圧の上昇とともに、加速度脈波指数も低下傾向を示し、末梢循環の悪化が認められた。そして、航海中の同一な生活に伴い、体重、血圧、加速度脈波において、乗船前のばらつきが往路終了時に一定方向に収斂していく傾向も認められた。ホノルル上陸中においては、拡張期血圧はあまり変化が認められなかったが、収縮期血圧の上昇に伴い、全体として加速度脈波指数が減少して末梢循環の悪化がみられた。

一方、復路においては、体重、収縮期血圧では顕著な変化が認められなかった。しかし、体脂肪率は減少し、拡張期血圧が多少増加傾向を示していたが、加速度脈波指数が全体として増加傾向を示し、末梢循環の改善が認められた。

このように、東方に航海することにより太陽の正中時刻が1日に約30分進む結果、1日の総時間が約23時間30分となる往路では、船内での特別な運動習慣を有していない当直船員においては、体型は肥満型に、そして末梢循環は悪化するという長期航海同様の傾向が認められた。逆に、西方に航海することにより正中時刻が1日に約30分遅れる結果、1日が約24時間30分となる復路においては、運動習慣を有しない当直船員であっても、東方航海とは逆に、体型の肥満化は防止され、末梢循環は改善傾向を示していた。

ところで、従来から睡眠不足は体調不良につながるものが経験的に指摘されており、先行研究から各年代における死亡率の最も低い睡眠時間は、7.7時間だとされている⁽¹²⁾。今回の航海においても、総睡眠時間の平均は、往路が7.5時間、復路が8.0時間であり、理想的な睡眠時間だと考えられた。しかし、今回の被験者5名の航海中における1日の総睡眠時間と加速度脈波の変化量の関連を検討すると、往路、復路ともに1日の総睡眠時間の多い者ほど、航海中における末梢循環の改善効果は大きい傾向が認められた。つまり、1日の総睡眠時間と末梢循環の変化には、何らかの関連があると考えられた。

このことから、今回の航海において、末梢循環は往路である東方航海では悪化し、復路である西方航海では改善した原因として、1日の総時間に関連する総睡眠時間が復路の方が往路よりも約30分多かったことも考えられる。特に、総睡眠時間のうちの主睡眠時間では、復路は往路よりも約90分多い結果であった。つまり、復路の方が往路に比較し、1日の総時間の増加に伴い、睡眠時間が増加して十分な休息のとれた結果が、復路における末梢循環の改善につながったものと考えられた。Condonら⁽¹³⁾の東西方向航海中の睡眠時間調査においても、当直者の主睡眠時間は、東方航海が西方航海よりも短く、逆に東方航海の補助睡眠時間が長くなるという本研究同様の傾向を示していた。そして、西方航海に比較し、東方航海における主睡眠時間の減少が、朝における日内リズムに関する各指標レベルの低下にも関連していると指摘しており、東方航海における睡眠時間の減少は、体調の低下の原因になるものと考えられた。

ところで、今回の航海において船内での1日約15分程度のジョギング習慣を有する船員は、全体として末梢循環が悪化傾向である東方航海においても末梢循環は改善傾向を示していた。

この要因として、第1に定期的な運動による末梢循環の改善効果が考えられる。先行研究によると、身体トレーニングが加速度脈波や血圧の改善効果を示すことも数多く報告されている⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾。

第2に、東方航海により睡眠時間は少なくなっても、身体トレーニングにより、睡眠の質が向上したために末梢循環が悪化傾向を示さなかったことも考えられる。運動と睡眠に関する研究によると、適度な運動は、睡眠効率を改善し、熟睡感、めざめによい影響を及ぼすという見解もある⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾。

このことは、乗船中に末梢循環の悪化が懸念される東方航海において、末梢循環の悪化予防のため、身体トレーニングを実施することが重要であると考えられた。

5. まとめ

練習船銀河丸の当直勤務に従事する船員5名（平均年齢31.6歳）を対象に、日本一ハワイ間往復航海による東方西方航海が、当直船員の体組成と血圧および加速度脈波に与える影響について検討した。

主要な結論は次のとおりである。

- (1) 往路では、体脂肪率は増加傾向を示していた。また、拡張期血圧の上昇とともに、加速度脈波指数も低下傾向をし、末梢循環の悪化が認められた。
- (2) 復路では、体脂肪率は減少傾向を示していた。また、加速度脈波指数が増加傾向を示し、末梢循環の改善が認められた。
- (3) 往路が復路よりも、総睡眠時間が約30分少なく、主睡眠時間は、約90分少なかった。往路、復路とも総睡眠時間とAPG Indexの変化量（入港直前値－出港直後値）には正の相関傾向が認められた。

稿を終わるにあたり、本調査において、貴重なデータの採取に御協力いただいた練習船銀河丸の皆様に深謝いたします。

参 考 文 献

- (1) 田村祐司他：船上生活における船員の作業強度に関する研究—本学練習船汐路丸での短期実験航海において—, 千葉体育学研究, 16, 89—95, 1993.
- (2) 田村祐司他：船員の勤務形態と生体負担に関する研究, 千葉体育学研究, 17, 11—18, 1993.
- (3) 長南賢司他：船員の健康と体力づくりに関する研究 I, —練習船北斗丸・大成丸乗組員の生体負担に関する基礎的研究—, 航海訓練所調査研究雑報, 第109号, 1-11, 1993.
- (4) Rutenfranz et al: Work at Sea—A Study of Sleep and of Circadian Rhythms in Physiological and Psychological Functions in Watchkeepers on Merchant Vessels. II Sleep Duration and Subjective Ratings of Sleep Quality, Int.Arch.Occup.Environ.Health, 60, 331-339, 1988.
- (5) Condon et al: Work at Sea—A Study of Sleep and of Circadian Rhythms in Physiological and Psychological Functions in Watchkeepers on Merchant Vessels. IV Rhythms in Performance and Alertness, Int.Arch.Occup.Environ.Health, 60, 405-441, 1988.
- (6) 長南賢司他：長期航海が船員の体組成・血圧及び加速度脈波に及ぼす影響, 日本航海学会論文集, 第92号, 131-137, 1995.
- (7) 長南賢司他：船員の健康と体力づくりに関する研究II—練習船大成丸乗組員の当直勤務が体組成と循環動態に及ぼす影響—, 航海訓練所調査研究雑報, 第113号, 1-11, 1995.
- (8) Nagamine, S and S.Suzuki: Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. Human Biol.36:8-15, 1964.
- (9) Brozek et al: Densitometric analysis of body composition :Revision of some quantitative assumptions. Ann.N.Y.Acad.Sci.110, 113-140, 1963.
- (10) 佐野裕司他：加速度脈波による血液循環の評価とその応用, 労働科学, 61巻, 3号, 129-143, 1985.
- (11) 佐野裕司他：加速度脈波による血液循環の評価とその応用（第2報）—波形の定量化の試み—, 体力研究, 63号, 17—25, 1988.
- (12) 朝日新聞, みんなの健康—睡眠中, 呼吸が止まる病気, 1984.
- (13) Condon et al: Work at Sea—A Study of Sleep and of Circadian Rhythms in Physiological and Psychological Functions in Watchkeepers on Merchant Vessels. V Effects of Time Zone Crossings, Int.Arch.Occup.Environ.Health, 61, 39-49, 1988.
- (14) 佐野裕司他：身体トレーニングが加速度脈波に及ぼす影響（その2）—長期トレーニングの影響—, 千葉体育学研究, 16, 47-53, 1993.
- (15) 片岡幸雄他：身体トレーニングが高血圧症の改善に及ぼす効果に関する研究, 体力研究, 36巻, 52-66, 1977.
- (16) Buguet A, et al: Human sleep and adrenal individual reactions to exercise, Electroencephalography & Clinical Neurophysiology, 49, 515-523, 1980.
- (17) Griffin and Trinder: Physical fitness, exercise and human sleep, Psychophysiology, 15, 447-450, 1978.

質 疑 応 答

磯崎道利(東京商船大学)：本研究は、船舶運航に実際に携わる者の健康に関すること、船舶の安全運航にもかかわってくるものと思いますが、次の2点についてお考えを聞かせて下さい。

- (1) 時差を伴う睡眠を余儀なくされている船員の睡眠時間とその質が循環動態にどう関係しているかを、具体的にどのように研究していくのですか。
- (2) 運動すると循環動態が改善する可能性を述べていますが、その関係を今後どう研究していくのですか。

田村祐司：

- (1) 航海中の睡眠調査は、できるだけ多く実施し、その航海での睡眠状況について、信頼のおけるデータをとりたいと思います。
また、睡眠の質の評価は、アンケートによる主観的調査のほかに睡眠脳波による客観的評価も実施したいと考えております。
- (2) 航海中の運動量を定量的に把握するために、船内に自転車エルゴメーターを備え付け、運動強度、運動時間、運動頻度と循環動態の改善効果について検討していきたいと思います。

村山義夫(海上労働科学研究所)：加速度脈波は、一日の生活の中でも変化し、日常生活においても一時的影響を受けやすいと思われますが、測定条件について話していただきたい。

田村祐司：当直船員は、勤務時間帯の違う3種類のタイプがあり、日勤船員のように、全員が同一な生活パターンをとることができません。そこで、すべての当直船員の測定時の状態を同一にするために、測定条件をどのタイプの当直船員に対しても、日中の当直が終了したあとの食事摂取後、約30分間の安静時間をとった後に座位で実施することとしました。

鈴木三郎(神戸商船大学)：被験者が練習船の船員という事ですので、往航の目的の大きさと復航のそれとにかなりの相違があると思われますが、それによる心理的及び身体的負担による影響をどのように取り扱われたのでしょうか。

田村祐司：往航と復航においては、今回調査した睡眠時間という身体的因子の他に、数々の身体的負担因子や心理的負担因子に相違があると思いますので、今後そのような因子が循環動態に与える影響についても質問紙調査等を用いながら検討していきたいと思います。