

民間航空機における飛行中の機内気圧変化と動脈血酸素飽和度変化に関する検討：（1）国内線の場合 （予報）

金谷, 庄藏
九州大学健康科学センター

大柿, 哲朗
九州大学健康科学センター

江島, 準一
九州大学医学部第一内科

賀羽, 常道
司測研株式会社

他

<https://doi.org/10.15017/656>

出版情報：健康科学. 19, pp.41-44, 1997-03-18. Institute of Health Science, Kyushu University
バージョン：
権利関係：

民間航空機における飛行中の機内気圧変化と 動脈血酸素飽和度変化に関する検討

— (1) 国内線の場合 (予報) —

金 谷 庄 藏 大 柿 哲 朗 江 島 準 一*
賀 羽 常 道** 丸 山 徹* 加 治 良 一*
藤 野 武 彦

The Study of The Cabin Air Pressure and The Aortic Oxygen Saturation in
The Air Travelers on Board Domestic Commercial Aircraft. (preliminary report)

Shozo KANAYA, Tetsuro OGAKI, Junichi EJIMA *, Tsunemiti KAWA **,
Toru MARUYAMA **, Yoshikazu KAJI **, and Takehiko FUJINO

Summary

Commercial aircraft flight represents a highly variable altitude exposure that may result in significant hypoxemia even for the healthy subjects.

We measured the arterial oxygen saturation by Nonin finger pulse oximeters (%SpO₂) in three healthy adults (two men and one woman) on regularly scheduled seven domestic commercial flights in Japan to study the correlation between cabin altitude and hypoxemia. For each flight, following data were recorded : date, airline, type of aircraft, flight altitude (either as announced over the aircraft public address system or obtained from the flight crew after arrival), departure airport, and arrival airport. Inflight cabin altitude and cabin pressure was continuously observed and peak values were manually recorded from a commercially available altimeter (Protrek, made by Casio Co. Ltd.), and a handheld barometer made by Tsukasa Sokkenn Co. Ltd.

The cabin pressure, which was maintained at between 805 and 911 hPa (mean ; 854.3 hPa), and the cabin altitude was between 1630 and 2380 m (mean ; 1869 m) above the sea level. The mean %SpO₂ on flights decreased to 92.0 % from 97.1% before departure. The passengers even in the commercial aircraft flight must pay attention about air travel hypoxemia.

Key words : hypoxemia, aircraft flight, air travel, aviation medicine (Journal of Health Science, 19 : 41-44, 1997)

緒 言

わが国に民間航空機が開設されて40年以上となり、年間2,000万人以上が利用するようになった。したがって、長距離移動には健康人はもとより心肺疾患や血

液疾患など種々の疾患を有する人であっても飛行機を利用するのが一般的となってきた。しかしながら、民間航空機は巡航高度8,400m から12,900m を飛行しているため、もし外気圧のままであれば健康人でも低酸素状態のためほとんど瞬時に意識消失をきたし死亡す

九州大学健康科学センター Institute of Health Science, Kyushu University 11, Kasuga 816, Japan

*九州大学医学部第一内科 First Department of Internal Medicine, School of Medicine, Kyushu University, Fukuoka, Japan

**司測研株式会社 Tsukasa Sokken Co., LTD.

るといわれている¹⁾²⁾⁴⁾¹⁴⁾。したがって通常、機内では加圧された状態であるが、どの程度の機内気圧かは機体や飛行高度によって異なっている。もちろん、生体にとって機内気圧は海拔0mの気圧に調節するのが理想的であるが、機体の制作コストや機体の重量の問題から3,000から6,000フィート(914から1,829m)の高度の山頂と同じ機内気圧に調節されているといわれていた。ところが、Joseph J. Cottrellの報告では、実際に測定してみると、0から8,915フィート(0から2,717m)まで様々であった。しかも、旧型機に比し新型機ほど機内圧が低かったと報告している⁴⁾。

一方、我が国の国内線民間航空機の巡航飛行中の機内気圧やそれに相当する高度を実際に測定し、それに対する生体反応を検討した報告はみられない。また海外でも高度飛行中の低気圧客室内で、乗客の動脈血酸素濃度を測定した報告はほとんどない³⁾。その理由は、民間航空旅客者の動脈血酸素濃度(PaO₂)やヘモグロビン酸素飽和度(SaO₂)を飛行中の機内で測定することが測定技術上ほとんど不可能であったからである¹¹⁾。ところが最近、指尖により測定できる携帯型でかつ精度の高い動脈血ヘモグロビン酸素飽和度(%SpO₂)測定器が開発された⁸⁾¹³⁾。本研究の目的は、まず健康人において実際に日本国内線を運行している民間航空機に搭乗し、巡航高度8,000mから13,000m飛行中の客室内の気圧・高度および%SpO₂を測定し、心肺疾患などの有疾患患者が飛行機による移動をする際の安全性を検討するための基礎資料とすることである。

方 法

1. 対 象

被験者は、健康男性2名(年齢27才, 43才)および女性1名(年齢24才)である。

2. 測定方法

上記被験者3名が日本国内線民間飛行機にて延べ7回搭乗した際、気圧・高度・第2指指先による動脈血ヘモグロビン酸素飽和度(%SpO₂)を離陸前と離陸後ほぼ水平飛行中に測定した。飛行路線は、福岡-東京間3回、東京-沖縄間2回、福岡-新潟間2回の計7回で飛行便名はTable 1に示した。動脈血ヘモグロビン酸素飽和度は、Nonin Medical Inc.社製携帯用パルスオキシメーターOnyx™Model 9500を使用した。大気圧、機内圧、および飛行高度は、Casio社製PROTREK 1406を使用し、最後の2回は司測研株式会社製気圧計を使用した。特別注文による司測研株式会社製デジタル気圧計は、出荷時550-1050hPaの範囲で校正し1hPa以下の誤差で試験をパスした高精度の気圧測定装置である。

結 果

1. Casio社製PROTREKの精度測定：

上記の気圧・高度測定のうち5回の測定は腕時計型の簡易型測定器を用いたため、最後の2回の飛行中に、その精度を司測研社製デジタル気圧計で検定した。Fig. 1に示すように、805~1028hPaの範囲では誤差が2hPa以下で、 $r=0.999$ と非常に良い相関であった。

2. 巡航高度飛行中の客室内気圧の変化：

7回の飛行中の巡航高度は、機内でのアナウンスや表示によると約8,000~1,300メートルであった。その時の機内圧は805~911hPa(854.3±44.7hPa)であり、離陸前測定した気圧からは100~219hPa(166.4±47.1hPa)低下していた(Table 1, Fig. 2)。

またPROTREKにより測定した機内圧に相当する高度は1,630~2,380メートル(1,869±259m)であった。

3. 巡航高度飛行中の動脈血酸素飽和度の変化：

第2指の指先で測定した動脈血酸素飽和度は、地上では96~98(97.1±0.7)であったが、巡航高度飛行中

Table 1. Parameters of the cabin air pressure(Atm), cabin altitude, %SpO₂ before and during flights. STD; standard deviation.

No	Date	Flight No	Atm-1	Atm-2	Atm-diff	Altitude	%SpO ₂ -1	%SpO ₂ -2	SpO ₂ -diff
1	96.10.01	JAL360	1011	911	100	2380	97	90	7
2	96.10.02	JAL907	1013	862	151	1795	97	90	7
3	96.10.05	ANA84	1045	862	183	1630	97	90	7
4	96.10.31	ANA321	1015	810	205	1800	96	93	3
5	96.11.03	ANA322	1020	810	110	1630	98	93	5
6	96.11.17	JAL352	1024	805	219	2000	98	93	5
7	96.11.17	JAL373	1017	820	197	1845	97	95	2
		mean	1020.7	854.3	166.4	1869	97.1	92	5.1
		STD	11.6	44.7	47.1	259	0.7	2	2.0

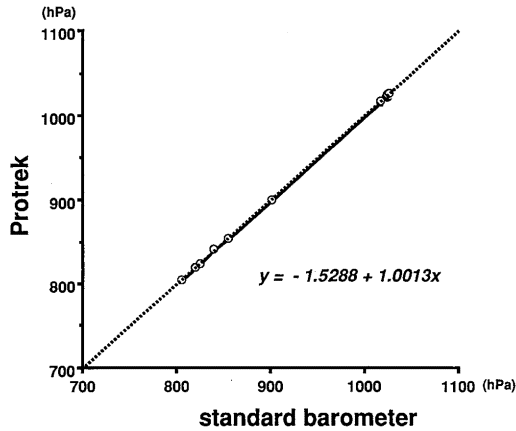


Figure 1. Correlation between the pressures measured by PROTREK and the pressures measured by the standard barometer.

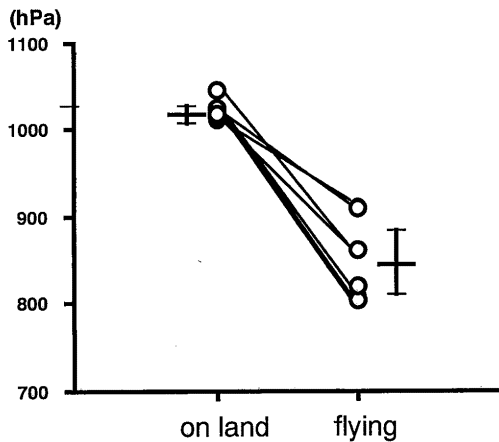


Figure 2. The changes in the cabin pressure on land and during higher flight.

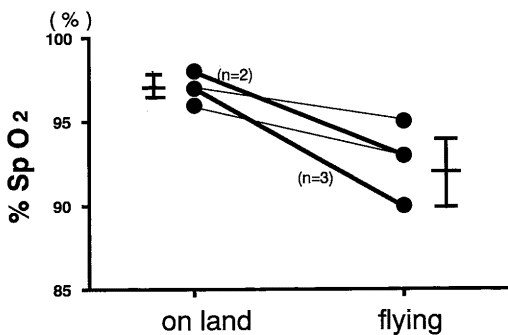


Figure 3. The changes in the %SpO₂ of subjects on land and in the cabin during higher flight.

は90~95% (92.0±2.0)と全員有意に低下していた (Table1, Fig. 3)。

考 察

1. 測定機器の精度

1) フィンガー・パルスオキシメーター；

今回使用した Nonin Medical Inc. 社製携帯用パルスオキシメーター Onyx™ Model 9500は、動脈血ヘモグロビン酸素飽和度のモニターのために開発されたものであり、その精度は直接法と比較して J. W. Severinghaus によれば $r = 0.988 (\%SpO_2 = 8.77 + 0.899x\%SaO_2)$ 、また 芹田らによれば $r = 0.863 (\%SpO_2 = 0.867 + 0.989x\%SaO_2)$ と高いものである¹³⁾。

2) PROTREK による圧測定；

今回最初の5回の飛行中、圧測定に用いた Casio 社製 PROTREK1406は、高精度な計測器としての用途を目的に製造されたものではなく、ハイキング、山登り、あるいはゴルフなどのいわばレジャー時の目安として製造されたものである。そこで最後の2回の飛行中に、高精度の計測器としての用途を目的に製造された司測研(株)社製気圧計により Casio 社製 PROTREK1406の精度を検定したところ、Fig. 1に示すように 飛行中に実測した800~1026hPa の範囲では、 $Y = 1.5288 + 1.0013X$ ($r = 0.999$)と十分に測定に耐えるものであった。

2. 高高度飛行中の機内気圧と動脈血酸素飽和度 (%SpO₂) について；

今回使用した気圧・高度計は、前にも記述したように気圧の測定精度は十分であったが、航空機内の圧相当高度標示はあまり精度が高いとはいえなかった。

そこで、以下の考察には気圧の変化を中心として論ずることとする。

今回測定した巡航高度飛行中の気内圧は、805hPa (604mmHg)~911hPa (683mmHg) 平均854.3hPa (641mmHg)であり、高度に換算すると約1,000m ~約2,000m の山頂に相当する。低圧環境実験によれば、標高3,000m 以下の高度では夜間視力が低下するほかはほとんど症状があらわれないとされている¹⁴⁾が、Palatiniら¹⁰⁾は、標高1,200m の高度でも収縮期血圧と心拍数が有意に上昇していたことを報告している。しかし最近の民間飛行機は多くがジェット機となり、離陸後わずか20~30分で標高2,000m の山頂に相当する気圧になり、それに伴って機内空気の酸素分圧も約20~30mmHg 低下することになる。

従って、巡航高度飛行中の乗客が心肺機能低下や重

症の貧血を有する場合、3,000m以下の標高が不関域という従来の認識が正しいかどうか再検討を要する。

3. 動脈血ヘモグロビン酸素飽和度:

測定方法の問題から、民間航空機で飛行中の客の動脈血酸素ガスをモニターした報告³⁾は稀であったが、最近開発された指先にて血液中のヘモグロビン酸素飽和度が測定できる携帯用パルスオキシメーター Onyx™ Model 9500を用いて、離陸前と巡航高度飛行中の乗客の%SpO₂を測定したが、平均5.1%低下した。この低下は、客室内気圧低下の程度から予想される程度であった。飛行中の突然死や様々な心肺疾患をもつ患者の飛行機による旅行の問題も報告¹⁾されており、今後この分野での臨床研究が必要である。

謝 辞

本研究に快く協力していただいたゲッツブラザーズ社の山岡優氏に深謝します。

文 献

- 1) AMA Commission on Emergency Medical Service. : Medical aspects of transportation aboard commercial aircraft. *J. A. M. A.*, 247 : 1007-1011, 1982.
- 2) Carruthers, M., Arguelles, A.E., Mosovich, A. : Man in transit : Biochemical and physiological changes during intercontinental flights. *Lancet*, i : 977-980, 1976.
- 3) Cissik, J. H., Yochey, C.C., Byrd, R. B. : Evaluation of the Hewlett-Packard ear oximeter for use during routine air transport of patients. *Aviat. Space Environ Med.*, 52 : 312-314, 1981.
- 4) Cottrell, J. J. : Altitude exposures during aircraft flight*-Flying higher-. *Chest*, 92(1) : 81-84, 1988.
- 5) Graham, W.G.B., Houston, C.S. : Short-term adaptation to moderate altitude : Patients with chronic obstructive pulmonary disease. *JAMA*. 240 : 1491-1494, 1978.
- 6) Guyton, A. C. : Chap. 43. : Aviation, high altitude, and space physiology., *Textbook of Medical Physiology (8th.ed.)*, W. B. Saunders Co., Philadelphia, USA, Pp464-470, 1991.
- 7) Harding, R.M., Mills, F.J. : Aviation Medicine : Problems of altitude, I : Hypoxia and hyperventilation. *Br. Med. J.*, 286 : 1408-1410, 1983.
- 8) 井上鉄夫, 巖 康秀, 宮田真子, 宇都宮宋久, 田代 護, 本城 繁, 三川 宏 : フィンガー・パルスオキシメーターは麻酔管理上、信頼できるか。第43回日本麻酔学会抄録。
- 9) Mills, F. J., Harding, R. M. : Aviation Medicine : Fitness to travel by air, I : Physiological considerations. *Br. Med. J.*, 286 : 1269-1271, 1983.
- 10) Palatini, P., Businaro, R., Berton, G., Mormino, P., Rossi, G. P., Racioppa, A., Pessina, A. C., Palu, C. D. : Effects of low altitude exposure on 24-hour blood pressure and adrenergic activity. *Am. J. Cardiol.*, 64 : 1379-1382, 1989.
- 11) Sarvesvaran, R. : Sudden natural deaths associated with commercial air travel. *Med. Sci. Law*, 26(1) : 35-38, 1986.
- 12) Schwartz, J. S., Bencowitz, H. Z., Moser, K. M. : Air travel hypoxemia with chronic obstructive pulmonary disease. *Ann. Int. Med.*, 100(4) : 473-477, 1984.
- 13) 芹田良平, 立川俊一, 大西 幸, 森崎 浩, 島田 宋明, 落合亮一, 武田純三, 福島和昭 : 携帯用パルスオキシメーター ONYX™ の測定精度。第7回臨床モニター学会抄録。
- 14) 万木良平, 井上太郎 : 「第9章低圧環境の生理と栄養」, 異常環境の生理と栄養. 光生館, 1980. Pp 131-206.