

Relação entre atividade aérea não pressurizada e alterações no eritrograma em aeronavegantes

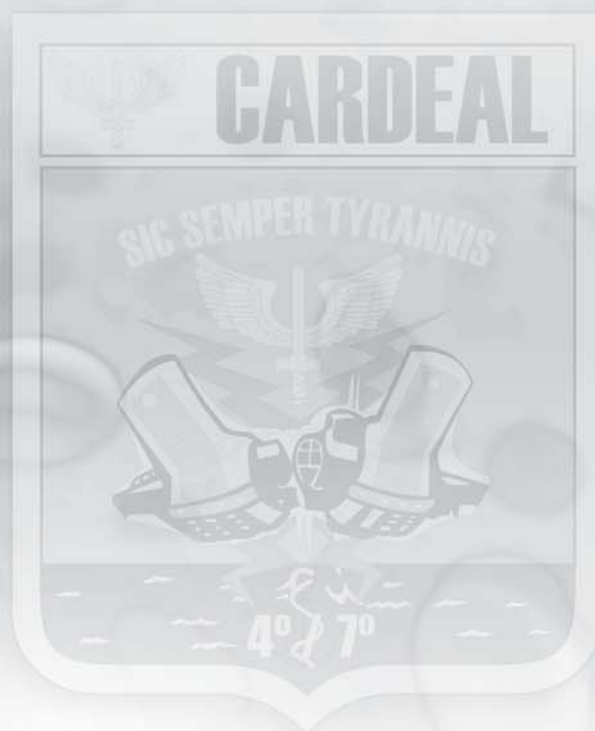
Relationship between unpressurised air activity and changes in aircrew's erythrogram

Relación entre actividad aerea no presurizada y alteraciones en los valores hemáticos en aeronavegantes

*Capitão Farmacêutica Aída Arêdes^{1,2}

1 Centro de Medicina Aeroespacial (CEMAL), Rio de Janeiro, Brasil

2 Especialista em Gestão Pública



RESUMO

A hipóxia que ocorre durante o voo despressurizado do avião Embraer P-95 Bandeirilha pode comprometer a segurança e o bem-estar de toda a tripulação e, conseqüentemente, dos passageiros. A Força Aérea Brasileira (FAB) possui quatro esquadrões destinados a executar a Patrulha Marítima, todos equipados com o P-95. Este estudo teve como objetivo verificar a influência da atividade aérea não pressurizada nas alterações no eritrograma em aeronavegantes. Para isso foi realizada uma comparação do eritrograma percentual dos tripulantes do Quarto do Sétimo Grupo de Aviação de Patrulha (4°/7°GAV) e de um grupo-controle composto por militares não aeronavegantes. Para condução desse trabalho foi realizada pesquisa bibliográfica e documental por intermédio da análise de prontuários médicos. Após a análise comparativa do eritrograma com os valores de referência e com o grupo-controle verificou-se uma elevação na contagem de hemácias e uma diminuição nos valores dos índices hematimétricos nos aeronavegantes do 4°/7° GAV. Esses achados indicam que as medidas para prevenção de hipóxia em voos não pressurizados poderão ser melhor efetivadas e monitoradas.

Palavras-chave: Eritrograma, Hipóxia de voo, Aeronavegante, Prevenção

Recebido: 14/12/09

Revisado: 01/04/10

Aceito: 01/05/10

*Autor: Aída Arêdes é Capitão Farmacêutica da Aeronáutica, graduada em Farmácia com opção em Análises Clínicas e Indústria Farmacêutica pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) em 1999; MBA em Gestão Pública pela Universidade Federal Fluminense (UFF) em 2009. Contato: bimirrage@oi.com.br

ABSTRACT

The hypoxia that occurs during the flight of the depressurized Embraer P-95 Bandeirulha may endanger the safety and welfare of all crew members and, consequently, of the passengers. The Brazilian Air Force has four squads which implement the Maritime Patrol, all of them equipped with the P-95. This study aimed to verify the influence of non pressurized air activity over the changes in the aircrew erythrogram. To do so, a comparison between the 4°/7° Aviation Group (4°/7° GAV) percentual erythrogram and a control group composed of non aircrew military. To conduct this work, bibliographic and documentary researches were done with the medical records. Through a comparative analysis of the erythrogram reference values and the control group, an increase in the number of erythrocyte and a decrease in the erythrocytic index values in 4°/7° GAV aircrew were detected. These results indicate that hypoxia prevention measures in unpressurized flights may be better implemented and monitored.

Key-words: Erythrogram. Flight hypoxia. Aircrew. Prevention

RESUMEN

La hipoxia que ocurre durante el vuelo despresurizado de la aeronave Embraer P-95 Bandeirulha puede comprometer la seguridad y el bienestar de toda la tripulación y, consecuentemente, de los pasajeros. La Fuerza Aerea Brasileña (EAB) posee cuatro escuadrones destinados a ejecutar la Patrulla Marítima, todos equipados con el P-95. Este estudio tuvo como objetivo verificar la influencia de la actividad aérea no presurizada en las alteraciones en los valores hemmáticos en aeronavegantes. Para ello, fue realizada una comparación de los valores hemmáticos percentual de los tripulantes del Cuarto del Séptimo Grupo de Aviación de Patrulla (4°/7°GAV) y de un grupo-control compuesto por militares no aeronavegantes. Para conducción de ese trabajo fue realizada investigación bibliográfica y documental por intermedio de análisis de prontuarios médicos. Tras el análisis comparativa de los valores hemmáticos con los valores de referencia y con el grupo-control verificó una elevación en la cuenta de hemácias y una disminución en los valores de los índices hemmatimétricos en los aeronavegantes del 4°/7° GAV. Eses hallazgos indican que las medidas para prevención de hipoxia en vuelos no presurizados podrán ser mejor efektivadas y monitoradas.

Palabras-clave: Valores hemmáticos. Hipoxia de vuelo, Aeronavegante, Prevención.

INTRODUÇÃO

Guyton e Hall (2006) relataram que, normalmente, cerca de 97% do oxigênio transportado dos pulmões para os tecidos é realizado por meio de combinação química com a hemoglobina presente nas hemácias (eritrócitos ou células vermelhas do sangue). Os 3% restantes são conduzidos em estado dissolvido na água do plasma e das células sanguíneas. Assim, sob condições normais, o oxigênio é deslocado para os tecidos quase inteiramente pela hemoglobina. No entanto, o “estado de deficiência de oxigênio nos tecidos é, de forma genérica, denominado hipoxia” (DE HART, 1996, p.90, tradução nossa). E, de acordo de Temporal:

Em aviação, a mais importante é a hipoxia hipóxica. Esta se deve especialmente à baixa pressão parcial de oxigênio no ar respirado, devido à redução da pressão atmosférica que ocorre quando se ascende no voo (TEMPORAL, 2005, p. 92).

A falta de oxigênio no sangue pode ocorrer no voo do P-95 (Bandeirulha), quando esse está em atividade. Tal ocorrência pode acarretar um comprometimento da liberação de oxigênio aos tecidos, aumento da produção de eritropoietina, hiperplasia eritróide na medula óssea e consequente eritrocitose. Nesse caso, a massa eritrocitária que é composta pelas células vermelhas

do sangue está aumentada. O principal estímulo para a produção de hemácias, nos estados de baixa oxigenação, é o hormônio circulante referido como Eritropoietina (HENRY, 2001). Na ocorrência de uma hipoxia hipóxica nos tripulantes do P-95 durante o exercício da atividade aérea, a missão pode ficar comprometida pela baixa oxigenação dos tecidos. Ao mesmo tempo, pode ocorrer um maior estímulo para a produção eritrocitária.

De acordo com Lorch (1998, p.106): “Os Bandeirulhas da FAB, fabricante Embraer, patrulham a costa, executam a identificação e o controle do tráfego mercante e se adestram em operações anti-submarino e de busca e salvamento.” Eles são uma versão para patrulhamento do clássico Bandeirante, portanto, nos dois tipos, o nível de oxigenação é o mesmo. uma vez que são despressurizados. Além do Brasil, o P-95 é operado em outros países da América Latina (LORCH, 1988).

Os aeronavegantes, militares e civis, estão sujeitos a adversidades inerentes à atividade aérea. Dentre essas, pode-se citar o risco da hipoxia de voo nas situações de não pressurização, como ocorre na atividade aérea em aviões como os citados anteriormente. Contudo, não se conhecem as alterações que ocorrem no eritograma e se tais alterações poderiam interferir de alguma maneira na operação segura da aeronave. Foi necessária uma

avaliação da baixa oxigenação que ocorre durante essa atividade aérea e de suas implicações no eritrograma dos aeronavegantes.

Este estudo pretendeu acrescentar conhecimento no campo da Medicina Aeroespacial aos integrantes do Corpo de Saúde, especialmente aos médicos de Esquadrão, por meio de um monitoramento da salubridade e da integridade do aeronavegante militar, para que ele esteja apto aos estados de prontidão próprios da sua função operacional.

O objetivo do estudo foi analisar a influência da atividade aérea não pressurizada na prevalência de alterações do eritrograma.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Qualquer condição que cause diminuição da quantidade de oxigênio transportado para os tecidos, normalmente, aumenta a intensidade da produção de eritrócito. A avaliação do eritrograma compreende o estudo do eritrócito, que é a célula da série vermelha do sangue (GUYTON; HALL, 2006).

Segundo Henry (2001), o eritrócito é um veículo para o transporte da hemoglobina que tem a função de transportar o oxigênio e o dióxido de carbono no corpo humano.

Nas grandes altitudes, a quantidade de oxigênio é bastante diminuída e o oxigênio é transportado para os tecidos em quantidade insuficiente, de modo que ocorre aumento significativo da produção de hemácias. Nesse caso, não é a concentração de hemácias no sangue que controla sua produção, mas sim a quantidade de oxigênio transportado para os tecidos em relação à demanda tecidual por oxigênio. A produção aumentada de eritrócitos ocorre quando o transporte de oxigênio para os tecidos encontra-se comprometido, como na baixa tensão de oxigênio presente em altitudes elevadas. A produção de eritrócitos diminui quando exposto a altas tensões de oxigênio (HENRY, 2001).

A hipóxia tecidual induz a formação de Eritropoietina (EPO), um hormônio que migra no plasma para a medula óssea, onde efetua a produção de mais eritrócitos. A falta de oxigênio no sangue, por qualquer razão, resulta em insaturação arterial, comprometimento da liberação de oxigênio para os tecidos, aumento da produção de EPO, hiperplasia eritróide na medula óssea e consequente eritrocitose. A massa eritrocitária fica aumentada. Portanto, o principal estímulo para a produção de hemácias, nos estados de baixa oxigenação, é o hormônio circulante referido como Eritropoietina (HENRY, 2001).

A investigação de indicadores fisiológicos (hemoglobina, hematócrito, contagem das hemácias e

índices hematológicos) é importante, porque auxilia na visualização do conjunto de processos orgânicos e fisiológicos, servindo, assim, como indicadores de alterações orgânicas decorrentes desses processos, de acordo com Laurell e Noriega (1989).

O eritrograma (estudo da série eritrocitária ou vermelha do sangue) compreende a determinação da hemoglobina e do hematócrito; e a contagem das hemácias e dos índices hematológicos, segundo Lee (1998). É parte integrante do exame hemograma que é realizado rotineiramente em inspeções de saúde de aeronavegantes no Brasil. A ICA (Instrução do Comando da Aeronáutica) 160-6 (BRASIL, 2009) e o RBHA-(Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica)67 (BRASIL, 1999) fazem referência ao hemograma como exame básico de rotina em inspeções de saúde para militares da FAB e para aeronavegantes civis, respectivamente. Esse exame visa orientar a avaliação e o monitoramento do estado de saúde da pessoa analisada.

1.1 PARÂMETROS DO ERITROGRAMA

Os achados laboratoriais quantitativos do eritrograma são o número de eritrócitos em milhões por milímetro cúbico ($10^6/\text{mm}^3$), o valor de hemoglobina (g/dL ou %), o hematócrito (%), os índices hematológicos que são o Volume Corpuscular Médio (VCM) (fL), a Hemoglobina Corpuscular Média (HCM) (pg) e a Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média (CHCM) (%). Os índices são clinicamente úteis na classificação de anomalias que envolvem as hemácias, embora representem características celulares médias.

1.1.1 DEFINIÇÕES

Segundo Lee (1998), os índices hematológicos, que são o volume corpuscular médio (VCM), a hemoglobina corpuscular média (HCM) e a concentração média de hemoglobina corpuscular (CHCM), são clinicamente úteis na classificação de anomalias que envolvem as hemácias, embora representem características celulares médias.

Segundo Lorenzi (2006), o HCM é um dos índices hematológicos que expressa a quantidade média de hemoglobina existente dentro de uma hemácia e que pode ser representado pela divisão da hemoglobina pelo número de hemácias. O VCM é o hematócrito dividido pelo número de hemácias, ou seja, é o volume médio que cada uma possui. O CHCM é a relação entre o valor da hemoglobina contido num determinado volume de sangue e o seu hematócrito.

Os valores de HCM e CHCM fornecem uma orientação aproximada da quantidade de hemoglobina nos eritrócitos. Quando estão abaixo do valor referencial

(Tabela 1), as hemácias são chamadas hipocrômicas, se estiverem dentro do valor são normocrômicas e, acima dele, são consideradas hiperocrômicas. Em relação ao tamanho dessas células, elas podem ter o VCM abaixo do valor referencial e, por isso, são denominadas microcíticas, quando estão dentro desse limite são chamadas normocíticas e além dele são denominadas macrocíticas (HENRY, 2001).

Os termos normocrômicas e normocíticas referem-se à cor e ao tamanho, dentro dos limites considerados normais das hemácias, e são encontrados em situação fisiológica (de normalidade) no organismo humano. A hipocromia, microcitose, hiperocromia e macrocitose são encontradas, geralmente, como sinalização de patologias diversas, ou seja, como resultado e não como causa de um processo (HENRY, 2001).

Henry (2001) revela que os eritrócitos microcíticos (pequenos) poderiam causar VCM abaixo do valor referencial. Por sua vez, esses eritrócitos pequenos estão relacionados a uma produção acelerada e, conseqüentemente, aumentada dessas células sanguíneas. Acrescenta, ainda, que um valor de hemoglobina baixo ou de hemácias aumentadas poderia baixar o HCM e que uma hemoglobina baixa ou um hematócrito alto poderiam atuar como causa de redução do CHCM.

1.1.2 VALORES DE REFERÊNCIA

De acordo com Lorenzi (2006), os valores de referência do eritrograma são a base para identificação e classificação das alterações sofridas pelas hemácias. Eles podem variar dependendo do autor e da população estudada. Para este estudo, foram utilizados os parâmetros descritos por Lorenzi (2006) conforme Tabela 1.

Tabela 1: Valores de referência do eritrograma em adultos.

	Homem	Média
Hemoglobina (g/dL)	15 - 17	16
Hematócito (%)	41 - 51	46
Contagem de eritrócitos ($10^6/\text{mm}^3$)	4,4 - 6,0	5,2
HCM (pg)	28 - 32	30
VCM (fL)	82 - 93	87,5
CHCM (%)	32 - 36	34

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Desenvolveu-se uma pesquisa, a fim de estabelecer uma avaliação entre a hipóxia hipóxica (ou hipobárica ou de altitude ou de voo), que ocorreu nos voos sem pressurização do Bandeirulha, e as alterações eritrocitárias do efetivo do 4º/7º GAV (Esquadrão Cardeal).

O Esquadrão Cardeal foi escolhido por ser equipado somente de aviões Bandeirulha. Assim, os aeronavegantes

dessa unidade já tinham embutidos em sua rotina o tipo de voo almejado nesta pesquisa, ou seja, não pressurizado e sobrevoando, inclusive, numa altitude acima de 10.000 pés.

O trabalho foi desenvolvido por pesquisa bibliográfica que discorreu acerca dos valores normais e das alterações que poderiam aparecer no eritrograma, da hipóxia como possível causa dessas alterações, do mecanismo de regulação EPO-hipóxia e da importância do eritrograma no monitoramento da saúde do aeronavegante.

Foram analisados os prontuários médicos dos aeronavegantes do 4º/7º GAV inspecionados no Centro de Medicina Aeroespacial (CEMAL) nos anos de 2005 a 2008. Foram coletados, também, para análise comparativa, os dados dos prontuários dos militares não aeronavegantes do CEMAL (grupo-controle) inspecionados neste Centro, no mesmo período.

A partir da análise desses dados, foi possível determinar o perfil eritrocitário desses aeronavegantes e confrontá-los junto à literatura. Realizou-se, ainda, uma pesquisa nas instruções técnicas e reguladores, ICA 160-1 (BRASIL, 2002) e ICA 160-6 (BRASIL, 2009), respectivamente, no que tange à realização do hemograma durante a inspeção de saúde do militar da FAB.

A amostra analisada foi composta por um total de 151 aeronavegantes que fizeram inspeção de saúde periódica na Junta Especial de Saúde (JES), e que exerceram atividade aérea no Esquadrão Cardeal entre 2005 e 2008. Essa amostra correspondeu a 91,5% do universo, tendo em vista que os fumantes, os sabidamente portadores de Hemoglobinopatias e aqueles que haviam passado por cirurgia recentemente foram excluídos da análise.

No CEMAL, todas as amostras de sangue são colhidas por punção venosa com anticoagulante EDTA e, depois, é feita uma contagem eletrônica dos parâmetros em questão. Após essa etapa, as amostras são processadas em analisador hematológico multiparamétrico automatizado (*Cell Dyn 3.200, Abbott Diagnostics*). Todos os exames foram realizados num intervalo de até seis horas após a coleta.

A contagem do número de hemácias e a determinação do VCM são feitas, eletronicamente, por impedanciometria no aparelho *Cell Dyn 3200 da Abbott*. A hemoglobina também foi medida nesse equipamento. A partir dessas dosagens, todos os outros parâmetros das hemácias foram calculados.

O CEMAL está localizado na cidade do Rio de Janeiro, portanto ao nível do mar. Isso isenta a atuação de uma possível diminuição da pressão atmosférica (hipóxia barométrica) que poderia interferir no momento do teste.

No mesmo período, também foram coletadas, para comparação quanto ao percentual, amostras de sangue de 262 militares do CEMAL que realizaram a inspeção

periódica, na Junta Regular de Saúde (JRS), que não exerciam atividade aérea e preencheram os critérios como população controle, inclusive quanto à faixa etária. A idade da amostra ficou entre 21 a 51 anos e, para que possíveis erros fossem minimizados, essa faixa serviu como limite de corte para o grupo-controle.

A população feminina foi desconsiderada neste trabalho, tendo em vista que, para esse sexo, o valor referencial de eritrograma é diferente do encontrado no masculino graças aos hormônios androgênicos, como reportam Henry (2001) e Lorenzi (2006). Além disso, como somente 1 (uma) mulher aeronavegante foi encontrada no Esquadrão Cardeal, a análise estatística comparativa dos dados ficou inviabilizada.

Foi necessário que se considerasse a presença de fatores como as anomalias genéticas da hemoglobina e o fumo, já que poderiam causar alterações no eritrograma. Hoffbrand (2008) mostra as possíveis anomalias da hemoglobina, como a presença de hemoglobina S e a Talassemia. Nas duas situações, normalmente ocorre uma diminuição dos índices hematimétricos nas células vermelhas. Foi encontrado um aeronavegante do Esquadrão com Talassemia, e em um militar do CEMAL foi detectada a presença de hemoglobina S. Para Morris e Davey (1999), os fumantes exibem contagem do número de hemácias maior que os não fumantes.

Todos esses critérios foram levados em consideração na avaliação da amostra e, no que coube, ao grupo-controle, a fim de que possíveis distorções fossem mitigadas.

3 RESULTADOS

Foram avaliados 32 aeronavegantes do Esquadrão em 2005, sendo verificado que 2 (6,2%) apresentaram alterações nos índices hematológicos com VCM e HCM baixos. Em 2006, foram 36 no total e 2 (5,6%) com alterações nos mesmos índices hematológicos e não houve repetição desses dois casos. No ano de 2007, foram 33 aeronavegantes e 3 (9,1%) desses apresentaram o mesmo tipo de alteração nos índices hematológicos. Nesse ano, houve repetição de um caso de 2005 e dois de 2006, permanecendo as alterações.

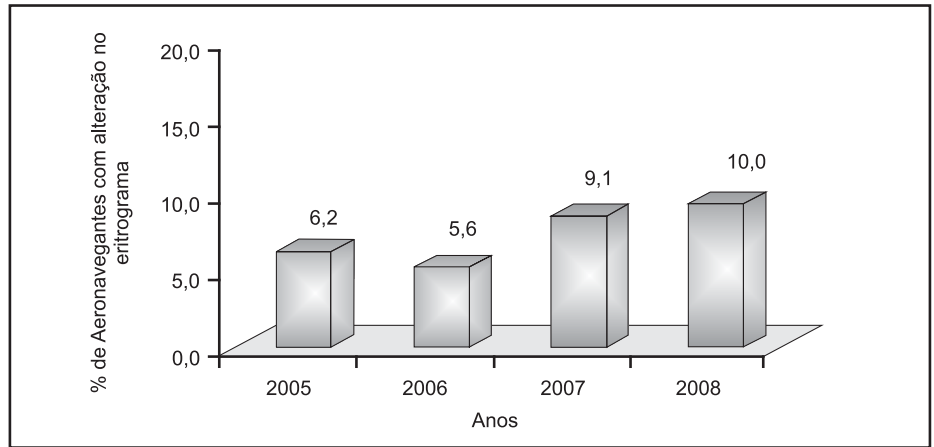


Figura 1: Prevalência de alterações nos aeronavegantes do 4º/7º GAV.
Fonte: Arquivo Médico do CEMAL.

Em 2008, foram 50 no total e 5 (10,0%) com alteração nos índices hematológicos sendo que, desses, um caso era repetição de 2006 e 2007, e outro também possuía elevado número de eritrócitos (Figura 1).

As principais alterações, nos índices hematológicos apresentados pelos aeronavegantes estudados no referido quadriênio, foram valores médios de HCM=25fL e de VCM=75,1pg, abaixo dos valores de referência (Tabela 1).

Nos resultados das JRS dos inspecionados não aeronavegantes do CEMAL, num total de 69 em 2005, encontraram-se 2 (2,9%) resultados alterados. No ano de 2006, foram avaliados 67 e foram encontrados 2 (3,0%). Em 2007, num total de 69, foram contados 2 (2,9%) resultados alterados. No ano de 2008 foram avaliados 57 e encontradas 4 (7,0%) alterações sendo que 1 tinha eritrócitos elevados e outro tinha a hemoglobina diminuída.

Os dados dos parâmetros do eritrograma encontrados no Esquadrão Cardeal demonstraram uma alteração em termos percentuais mais elevada, quando comparados com os valores encontrados nos militares do CEMAL, conforme demonstrado na Figura 2.

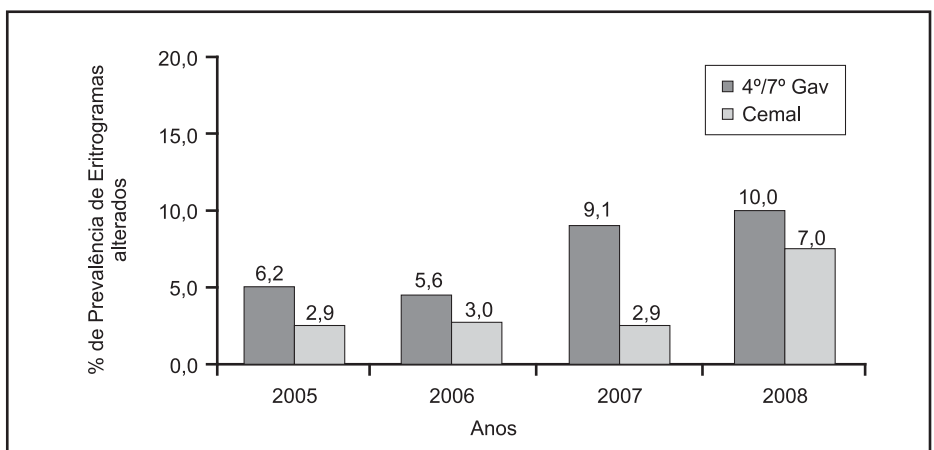


Figura 2: Prevalência de eritrogramas alterados.
Fonte: Arquivo Médico do CEMAL.

4 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Por meio dos dados na Figura 1, foi revelada uma taxa de prevalência de alteração no eritrograma dos aeronavegantes do Esquadrão de 2 (6,2%) em 2005; 2 (5,6%) em 2006; no ano de 2007 foi de 3 (9,1%) e em 2008 foram 5 (10,0%). O aumento na produção eritrocitária tem relação direta com a elevação na prevalência das alterações eritrocitárias encontradas no grupo estudado. Isso reafirma o relatado por Henry (2001), o qual revelou que a produção aumentada de eritrócitos ocorre quando o transporte de oxigênio para os tecidos encontra-se comprometido, como na baixa tensão de oxigênio presente em altitudes elevadas.

Para verificar a influência da atividade aérea não pressurizada no eritrograma de aeronavegantes, foi realizada uma análise comparativa dos resultados encontrados no Esquadrão Cardeal e no CEMAL (não aeronavegantes), tendo como referência os valores encontrados em Lorenzi (2006) para adultos do sexo masculino (Tabela 1).

O grupo-controle, composto por pessoal de terra, deveria estar com nenhum ou com um mínimo de alterações nas células vermelhas, após a desconsideração dos casos de exclusão nesta pesquisa. A Figura 2 revelou que a prevalência de alterações no eritrograma dos aeronavegantes de voo não pressurizado foi maior em termos percentuais do que aqueles militares que não exerceram atividade aérea no período estudado.

Dessa forma, a análise vem ao encontro do que Lorenzi (2006) discorreu ao dizer que, em condição de baixa tensão de oxigênio, ocorre estímulo para a produção de hemácias, ou seja, pode ocorrer a elevação do número de alterações no eritrograma, inclusive nos índices hematológicos.

Após a comparação dos parâmetros hematológicos encontrados com aqueles expostos na Tabela 1, verificou-se que a média dos valores de cada índice analisado (VMC e HMC) ficou abaixo do limite referencial, portanto as hemácias dos aeronavegantes estudados se apresentaram como microcíticas e hipocrômicas. Os valores tidos como ideais são aqueles estabelecidos na Tabela citada acima, isto é, normocíticas e normocrômicas.

De acordo com as definições encontradas para esses índices e com os dados encontrados na literatura (GUYTON; HALL, 2006), percebeu-se, nesta análise, que a baixa oxigenação sofrida durante o voo parece aumentar o número de hemácias.

A hipóxia sofrida por aeronavegantes do P-95 pode atuar diretamente aumentando a produção de eritrócitos, a fim de melhorar a oxigenação tecidual. Qualquer condição que cause diminuição da quantidade de oxigênio transportado para os tecidos, normalmente,

aumenta a intensidade da produção de eritrócito. O aumento relativo na produção dessas células encontrado neste estudo, ainda que não configure uma doença, pode auxiliar como indicador ou agente de monitoramento em situações de hipóxia em voos não pressurizados, quer seja naqueles de longa duração que seja naqueles com altitude em torno ou acima de 10.000 pés.

CONCLUSÃO

A hipóxia, que ocorre durante o exercício da atividade aérea em aviões tipo Bandeirulha, pode comprometer a hígidez e a prontidão dos militares encarregados dessa missão. Essa baixa de oxigenação pode afetar a produção de hemácias no sangue.

Neste estudo, ficou demonstrada uma elevação, embora discreta, na contagem de hemácias e uma diminuição do HCM e do VCM nos aeronavegantes estudados. A influência da atividade aérea, como agente de alterações a nível hematológico, embora não constitua em si uma doença, deve ser mais bem estudada como sinalizador da hipóxia hipobárica.

O confrontamento dos resultados encontrados entre a amostra de aeronavegantes e a de não aeronavegantes com os valores de referência adotados permitiu verificar que houve um aumento percentual de alterações eritrocitárias no grupo pesquisado, quando comparados ao grupo-controle.

Os resultados obtidos neste estudo apontam para a necessidade de uma investigação pormenorizada dos hemogramas entre os indivíduos que apresentam alterações eritrocitárias. Isso possibilitará descartar outros interferentes, quer sejam pré-analíticos, fisiológicos ou patológicos.

Dessa forma, medidas de segurança em voo, objetivando a manutenção da hígidez física da tripulação e dos passageiros da FAB e dos civis, deverão ser revistas periodicamente. Tais medidas sugerem cuidados quanto ao procedimento correto e eficaz no uso de máscaras de oxigênio; a possibilidade de diminuição da altitude no voo, a fim de minimizar a fadiga; a menor duração do tempo de voo acima de 10.000 pés.

Acrescente-se, ainda, que o presente estudo poderá auxiliar os médicos de Esquadrão, das Juntas Especiais de Saúde e os Farmacêuticos da FAB no direcionamento da avaliação médica e de capacitação física do aeronavegante. Os profissionais em questão poderão ter agora mais clareza e discernimento na tomada de decisão acerca dos efeitos da hipóxia de voo. Além disso, medidas preventivas poderão ser implantadas e mais bem avaliadas para segurança de voo em aeronaves não pressurizadas.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Diretoria de Saúde da Aeronáutica. **ICA 160-6**: instruções técnicas das inspeções de saúde na aeronáutica. Brasília, DF, 2009.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Diretoria de Saúde da Aeronáutica **ICA 160-1**: instruções reguladoras das inspeções de saúde. Brasília, DF, 2002.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Aviação Civil. **RBHA-67**: regulamento brasileiro de homologação aeronáutica. Brasília, DF, 1999.
- DE HART, R.L.; DAVIS, J.R. **Fundamentals of aerospace medicine**. 2nd. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1996.
- GIL, A. C. **Como elaborar um projeto de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GOMES, M. P. **Construindo soluções acadêmicas**: Monografias, Dissertações e Teses: do Projeto à defesa. Rio de Janeiro: Luzes, 2006.
- GUYTON, A. C; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.
- HENRY, J. B. **Diagnósticos clínicos e tratamento por métodos laboratoriais**. 20. ed. São Paulo: Manole, 2001.
- HOFFBRAND, A. V. et al. **Fundamentos em hematologia**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.
- LAURELL, A. C.; NORIEGA, M. **Processo de produção e saúde, trabalho e desgaste operário**. São Paulo: Hucitec, 1989. p. 95-119.
- LEE, G. R. et al. **Wintrobe hematologia clínica**. 9. ed. São Paulo: Manole, 1998.
- LORCH, C. **Asas da Força Aérea Brasileira: edição comemorativa do cinquentenário do ministério da aeronáutica**, de Janeiro]: Action, 1988.
- LORENZI, T. F. **Manual de hematologia**: propedêutica e clínica. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.
- MORAES, M. S. **Proposta para o monitoramento da saúde de aeronavegantes por meio de indicadores bioquímicos e hematológicos**. 2001. 179 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro.
- MORRIS, M. W.; DAVEY, F. R. Exame básico do sangue. In: HENRY, J. B. **Diagnósticos clínicos e tratamento por métodos laboratoriais**. 19. ed. São Paulo: Manole, 1999. p. 549- 593.
- TEMPORAL, W. F. et al. **Medicina aeroespacial**, Rio de Janeiro: Luzes, Comunicação, Arte e Cultura, 2005.