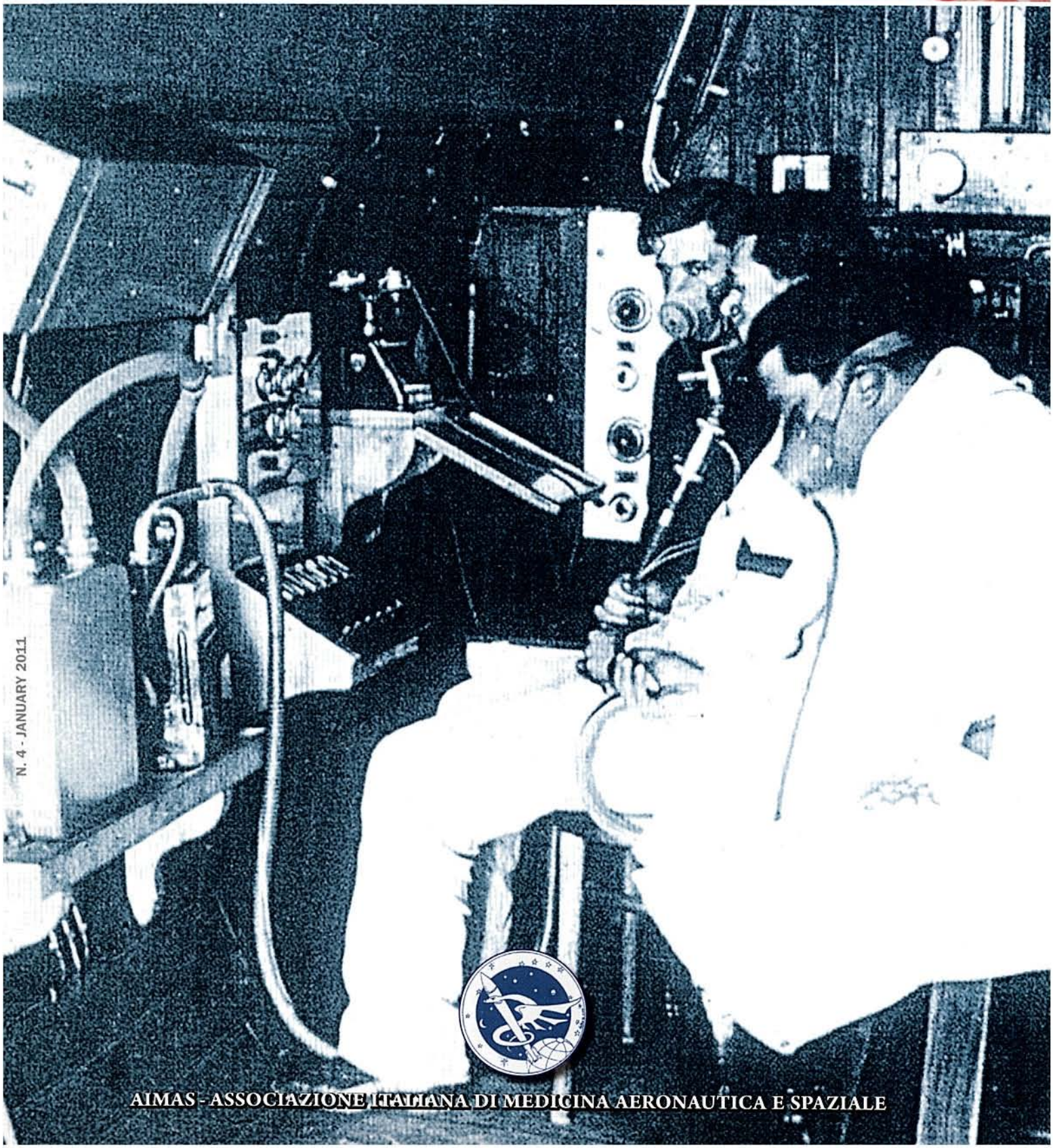
ITALIAN JOURNAL OF AEROSPACE MEDICINE



N. 4 - JANUARY 2011

AIMAS - ASSOCIAZIONE ITALIANA DI MEDICINA AERONAUTICA E SPAZIALE

FATIGUE IN AVIATION. FATIGUE RISK MANAGEMENT SYSTEM, AN ALTERNATIVE APPROACH

LA FATICA NELL'AVIAZIONE. IL FATIGUE RISK MANAGEMENT SYSTEM, UN APPROCCIO ALTERNATIVO

ANTONELLO **FURIA MD**

Ente Nazionale per l'Aviazione Civile
Direzione Centrale Standardizzazione Sicurezza – Roma.

CORRESPONDING AUTHOR/CONTATTI
Dr. Antonello Furia
ENAC
Direzione Centrale Standardizzazione Sicurezza
Via di Villa Ricotti, 42 - 00161 Roma.
tel. +39 06 4418 5759
a.furia@enac.gov.it

Short title
Fatigue in aviation.

Keywords
Fatigue, risk management.

It is commonly known that pilot fatigue is a significant issue in modern aviation operations, mainly because a number of complex and different factors are involved, such as work shifts, long duty periods, the unpredictable working hours, circadian disruptions, and last but not least, insufficient sleep. The full impact of fatigue is not perfectly understood but many of its deleterious effects have long been known.

In 1930 Lindberg already recognized negative consequences of long flight period and sleep deprivation. Compared to people who are well-rested, people who are sleep-deprived show impaired performances, think and move more slowly, make more mistakes, and have memory difficulties. In aviation operations, investigation data confirm that these negative effects may lead to aviation errors, incidents and accidents. In the long term, the irregular schedules worked by aircrews during a career may lead to higher incidences of stomach problems (especially heartburn and indigestion), menstrual irregularities, colds, flu, weight gain, and cardiovascular problems [1].

Fatigue deriving from a long-haul flight is frequently

Titolo breve
Fatica in aviazione.

Parole chiave
Fatica operativa, gestione del rischio.

L'affaticamento del pilota rappresenta, nell'ambito della moderna aviazione, uno degli aspetti più complessi per le operazioni di volo, ed è determinato da una serie di cause diverse e complesse quali le turnazioni, anche estese in termini di ore di impiego, le ore di lavoro non previste, l'interruzione dei cicli circadiani, e da ultimo, ma non meno importante, il sonno insufficiente.

L'impatto reale della fatica non è perfettamente conosciuto, mentre sono noti da tempo i suoi effetti deleteri. Già nel 1930 Lindberg aveva individuato le conseguenze negative derivanti dai voli di lunga durata e dalla mancanza di sonno. Rispetto ai soggetti ben riposati, le persone con deficit di sonno mostrano alterazioni prestazionali, pensano e si muovono più lentamente, commettono più errori, e presentano difficoltà di memoria.

Nelle operazioni di volo, i dati derivanti dalle indagini confermano che questi effetti negativi possono portare ad errori e ad incidenti. Nel lungo termine di una carriera organizzata in turni di lavoro, gli orari irregolari effettuati dagli equipaggi di volo possono aumentare

attributed by pilots to sleep deprivation and circadian disturbances associated with time zone transitions. In short-haul operations pilots most frequently blame their fatigue on heavy workload, time pressure, multiple flight legs. Both long- and short-haul pilots commonly associate their fatigue with night flights, jet lag, early wakeups, and consecutive duty periods without sufficient recovery breaks.

The advent of Ultra-Long-Range (ULR) aircraft (up to 16-hours block-to block) requiring a very long duty period, which commonly encompasses a night time shift, makes things harder and more complicated. Duty times and aircrew fatigue will continue to be a challenge in both scheduled passenger airlines and cargo operations.

Manufactures of both Boeing (B.777) and Airbus (A.340 and A.380) are currently producing Ultra Long Range aircrafts. These aircrafts can be operated in long-haul flight with longer duty periods than those encountered in current domestic and international flights. Crews will be required to work for an increased duty time in nonstandard and night-time duty schedules. Some major airlines (i.e. Singapore Airlines and Fed-Ex), have put procedures in place in order to answer the important question regarding ULR operations, which is whether the strains imposed by the extension of flight duty hours, beyond the limits commonly flown, will effectively be mitigated by fatigue countermeasures. Without proper management, ULR operations may exacerbate the fatigue levels that have already been shown to impair safety, alertness, and performance in existing flight operations [1].

As already mentioned, fatigue is clearly not a one-dimensional phenomenon, but the result of several factors related to physiological sleep needs and internal biological rhythms.

Cabon and colleagues demonstrated that long-haul pilots were particularly susceptible to vigilance lapses during low workload periods, and that such lapses could simultaneously appear in both crewmembers flying the aircraft at the same time [1,2].

Rosekind et al. [3] documented the presence of physiological micro-events (slow brain activity and eye movements) even during high demanding tasks from top-of-descent to landing.

Evolution simply was not in the direction of allowing humans to be fit to operate effectively on the pressuring

l'incidenza di problemi all'apparato digerente (in modo particolare disturbi digestivi e bruciori), di irregolarità nel ciclo per le donne, di raffreddore e influenza, di aumento del peso e di problemi cardiovascolari [1].

La fatica derivante dai voli a lungo raggio, è spesso attribuita dai piloti ai disturbi del sonno e all'alterazione dei ritmi circadiani dovuti al cambio di fuso orario. Nelle operazioni di corto raggio, invece, i piloti attribuiscono il loro affaticamento in misura maggiore all'elevato carico di lavoro, alla pressione derivante dalla necessità di rispettare i tempi di volo e di transito, ai voli a tratte multiple. Comune ad entrambe le categorie, breve e lungo raggio, è l'imputazione dell'affaticamento ai voli notturni, al jet-lag, alle sveglie mattutine anticipate, ed ai turni di servizio consecutivi senza adeguate pause di recupero.

Con l'avvento di aeromobili Ultra-Long-Range (ULR), (fino a 16 ore di volo da punto a punto) aventi tempi di servizio molto lunghi, che generalmente ricomprendono un turno notturno, la complessità del problema si accentua ulteriormente. Questi aerei ULR, prodotti attualmente sia da Boeing (B777) che da Airbus (A340 e A380), possono essere impiegati per voli a lungo raggio con periodi di servizio superiori a quelli normalmente riscontrati negli attuali voli nazionali e internazionali. Agli equipaggi quindi, saranno maggiormente richiesti turni di lavoro prolungati in orari notturni ed inconsueti.

Alcune tra le maggiori compagnie aeree (Singapore Airlines e Fed-ex) hanno predisposto procedure per affrontare l'importante questione della fatica operativa, nei voli Ultra Long Range. È importante a tal fine capire, anzitutto, se l'affaticamento dovuto al prolungamento delle ore di servizio oltre i limiti comunemente volati, possa essere effettivamente mitigato attraverso l'impiego di contromisure. In assenza di una corretta gestione, i voli in ULR possono aggravare i livelli di fatica, i quali hanno già dato evidenza di alterare la sicurezza, la vigilanza, e le prestazioni nelle attuali operazioni di volo [1].

Come già detto, è chiaro che l'affaticamento non è un fenomeno unidimensionale, ma il risultato dell'effetto di diversi fattori legati ai bisogni fisiologici del sonno e ai ritmi biologici dell'individuo.

Cabon e colleghi hanno dimostrato che i piloti di voli a lungo raggio sono particolarmente esposti ad un abbassamento della vigilanza durante i periodi di basso carico di lavoro, e che tale peggioramento può verificarsi contemporaneamente in entrambi i membri dell'equipaggio in volo [1,2].

Rosekind et al [3] hanno documentato la presenza di piccoli eventi fisiologici (attività cerebrale e movimenti degli occhi rallentati) anche durante la fase di volo che richiede un elevato impegno che va dalla discesa fino all'atterraggio.

L'evoluzione del genere umano non è andata nella direzione di permettere all'uomo di lavorare efficacemente in base a turni pianificati su 24 ore quotidiane e per 7 giorni continuativi, come sarebbe spesso richiesto dalle attuali operazioni di volo. Pertanto, al

24 hours for 7days a week schedules that often define today's flight operations, whether these consist in short-haul commercial flights, long-range transoceanic operations, or around-the-clock military missions.

As a consequence of this, to grant the usual high level of flight safety it is necessary to apply the most recent scientific knowledge in order to have well-planned fatigue management strategies, which would allow us to manage sleep loss and sleep debt, sustained periods of wakefulness, and circadian factors that are primary contributors to fatigue-related flight mishaps.

There are in-flight and pre/post flight countermeasures that can help to reduce fatigue-related risk. Proposed in-flight countermeasures, some of which still need to be regulated by Aviation Authorities, include: napping on the flight deck (cockpit napping); taking a break involving change in posture and mild physical activity; increased social interaction (activity breaks); bunk sleep on long-haul and ULR flights; in-flight rostering approaches on long-haul and ULR flights; increased exposure to available flight-deck lighting. With respect to pre/post flight countermeasures, healthy sleep practices, napping and circadian adjustment are recommended. Scientific discussions are taking place to decide if it could be considered safe to permit the controlled use by crew members of newer very short half-life hypnotics like *Zolpidem*®.

While not all of these are either currently sanctioned or even frequently utilized, the list is intended to be inclusive and to address the range of possible fatigue countermeasures for pilots operating in a restrictive environment, acknowledging the need for safety and operational effectiveness at all times [1].

The risks associated with non science-based regulatory approaches may have been unknown in the 1930s, when flight and duty time limits were first addressed. It must however be stressed that, still today, the prescriptive rule-making approach commonly used by regulatory agencies, in order to regulate crew rest and flight and duty times, is not derived from the foundational scientific research addressing the interaction of sleep and circadian processes and their effects on performance.

The scientific understanding of fatigue factors like sleep, shift work and circadian physiology has significantly grown over the past decades, even though the new knowledge has been inadequately incorporated into current regulations and industry practices.

The actual situation shows that regulatory limitations are arbitrarily chosen and are not based on scientific research with regards to the regulation specifying maximum yearly flight times. The maximum flight time/year is 900 h in Europe and in Australia [2,4] but is 1,400 h in the United States. If the establishment of yearly flight time limits considered the human physiology and had a foundation in relevant sleep and circadian science, it would be expected that these limits would be similar among countries.

fine di garantire un costante ed elevato livello di sicurezza del volo, è necessario applicare le conoscenze scientifiche più recenti per mettere in pratica un'efficace strategia di gestione della fatica, del debito di sonno, dei periodi prolungati di veglia nonché dei fattori circadiani che sono gli aspetti principali che favoriscono gli incidenti di volo imputabili alla fatica.

Sono oggi disponibili strategie e contromisure da adottare in volo e nel pre/post-volo che possono contribuire a ridurre i rischi correlati alla stanchezza. Le contromisure cui è possibile ricorrere in volo, alcune delle quali devono ancora essere regolate dalle Autorità Aeronautiche, sono le seguenti: brevi sonni in cabina di pilotaggio (cockpit napping), pause che implichino il cambiamento di postura, lieve attività fisica, maggiore interazione sociale (interruzione dell'attività), riposo in postazioni idonee (bunk sleep) sui voli a lungo raggio e ULR, avvicendamento ai comandi con altri piloti e maggiore esposizione alla illuminazione disponibile nella cabina di pilotaggio.

Tra le contromisure pre/post volo, invece, sono consigliati: il sonno o semplicemente i pisolini come pratiche che favoriscono la regolazione dei ritmi circadiani. È utile sapere, però, che la discussione scientifica in corso verte anche sull'impiego in sicurezza e controllato da parte dei membri dell'equipaggio dei nuovi ipnotici di breve durata tipo Zolpidem®.

Sebbene attualmente non tutte le contromisure elencate siano consentite o utilizzate di frequente, quello esposto può essere considerato un elenco di misure adottabili, per ridurre la fatica, che tiene conto della necessità di mantenere in ogni momento il livello richiesto di sicurezza e di efficienza operativa [1].

Già negli anni '30, quando per la prima volta fu affrontata la materia dei limiti dei tempi di volo e di servizio venne tentato un approccio normativo su basi non scientifiche. Purtroppo, ancora oggi, l'orientamento comunemente in uso alle Autorità aeronautiche, in fase di predisposizione della normativa, non discende dalla ricerca scientifica che invece è fondamentale per affrontare l'interazione tra sonno, ritmi circadiani ed effetti sulle prestazioni.

La comprensione scientifica dei fattori che influiscono sulla fatica del volo come il sonno, i turni di lavoro e la fisiologia legata ai ritmi circadiani, è significativamente più elevata negli ultimi decenni, ma le nuove conoscenze non sono state adeguatamente integrate nelle normative vigenti e nelle procedure di settore.

La situazione attuale dimostra che i limiti normativi di impiego sono stabiliti in modo arbitrario e non fondati su criteri scientifici.

Il tempo massimo di volo/anno è di 900 ore in Europa e in Australia [2,4] ma è di 1400 ore negli Stati Uniti. Se i limiti dei tempi di volo annuali fossero stati fissati tenendo conto della fisiologia umana ed avessero avuto come fondamento la necessità del sonno e del rispetto dei ritmi circadiani, i limiti sarebbero analoghi tra i vari Paesi.

In Europe, according to an EASA (European Aviation Safety Agency) document, the Flight Time Limitation requirements laid down in Subpart Q of EU OPS are still *"the result of long lasting negotiations and were not defined on a purely scientific basis"* contrary to the guidelines of EU-OPS 1.1115 -Extension of flight duty period due to in-flight rest.

Under this requirement an Operator should demonstrate to the Authority, when asking for a permanent duty period extension under article 8, that the solutions proposed have been set taking into account "current scientific knowledge" and that an acceptable level of safety is granted. Following the application of this provision, some European airlines (i.e. Easy Jet) have already obtained by their own Aviation National Authorities the authorization to operate under "different rules" that foresee the use of shortened rest period or lengthened duty time than those normally permitted by applicable requirements. This was possible thanks to the application of a scientific method called F.R.M.S. (Fatigue Risk Management System).

What is F.R.M.S? It is a systematic method, integrated in the Operator's Safety Management System, whereby an organization through continuous monitoring, optimizes the risk associated with fatigue-related error, thus improving its operational efficiency mitigating fatigue inducing factors. For this reason, defined and precise responsibilities have to be identified both on the organizational and employee side. It can be said that the former are "work-related" responsibilities and encompasses hours of work, workload and work environment. The latter are "non work-related" responsibilities related to the employee's lifestyle, behavior, situation, medical disorders (i.e. sleep disorders), etc.

It is most important to note that FRMS is a complementary method and absolutely does not replace the Authority requirements.

Many relevant issues need to be correctly addressed and supervised for the development of FMRS policies within the organization like the management of fatigue, training and education programs for all employees involved and a fatigue audit system to continuously assess fatigue levels. FMRS policies have to clearly state the Senior Management Commitment, the purpose and objectives, the responsibilities of employees in managing fatigue risk, training programs, reporting procedures for fatigue-related hazards, fatigue reporting procedures and, finally, procedures for the evaluation and continuous improvement of the FMRS.

Briefly focusing our attention on the medical related relevant issues, we have to note how education and awareness is important in setting an efficient fatigue management system. Learning about fatigue and performance, good sleep hygiene, the restorative effect of napping, the positive effect of drinking water and education on caffeine, alcohol and medication assumption, can actually help in reducing fatigue. Psychological influence of family and other social life issues

Secondo il parere espresso da un documento dell'Agenzia Europea per la Sicurezza del Volo (EASA), i requisiti sui tempi di volo e di servizio stabiliti in Europa al capo Q della normativa EU-OPS sono ancora *"il risultato di una negoziazione continua e non vengono definiti su una base puramente scientifica"* al contrario di quanto auspicato nella UE all'OPS 1.1115 - Estensione del periodo di servizio per avvenuto riposo durante il volo.

Nell'ambito di questo orientamento, la compagnia aerea, nel richiedere un prolungamento del periodo di servizio da adottarsi in via definitiva e continuativa ai sensi dell'articolo 8, deve dimostrare all'Autorità aeronautica competente che le soluzioni proposte sono state fissate considerando "le conoscenze scientifiche più recenti", garantendo sempre un livello di sicurezza accettabile.

In applicazione a tale disposizione normativa alcune compagnie europee (i.e. Easy Jet) hanno già ottenuto dalle rispettive Autorità Aeronautiche l'autorizzazione ad operare sotto "regole in deroga" che prevedono la possibilità di diminuire il periodo di riposo o di prolungare i turni di servizio rispetto a quanto normalmente consentito dalle norme applicabili.

Questo è stato possibile grazie all'applicazione di un metodo scientifico denominato Fatigue Risk Management System (F.R.M.S.).

Che cosa è un sistema di gestione dei rischi derivanti da fatica?

È un metodo sistematico, integrato nel Safety Management System della compagnia aerea, che consente all'operatore attraverso il monitoraggio continuo, di ottimizzare i rischi associati agli errori dovuti alla fatica, migliorando l'efficienza operativa e mitigando i fattori che inducono la stanchezza.

A tale scopo vanno identificate precise e definite responsabilità sia per la Compagnia che per i dipendenti stessi. Si può affermare che mentre le prime sono responsabilità legate al rapporto di lavoro e comprendono le ore di impiego, il carico e l'ambiente di lavoro, le seconde non sono legate al rapporto di lavoro, e sono le responsabilità connesse allo stile di vita dei dipendenti, alle abitudini ed alla condotta di vita, e non ultimo, ai disturbi medici tra i quali, i disturbi del sonno.

È molto importante notare che l'F.R.M.S. è da considerarsi un metodo complementare e non sostituisce assolutamente le prescrizioni delle Autorità.

Per attuare lo sviluppo della politica F.R.M.S. all'interno dell'organizzazione, devono essere affrontate e monitorate correttamente molti fattori rilevanti, quali la gestione della fatica, i programmi di informazione e di formazione per tutti i dipendenti, nonché un sistema di audit per valutare costantemente i livelli di fatica.

La policy del F.R.M.S. deve chiaramente indicare il Senior Management Commitment, ovvero gli obiettivi di gestione del management, che comprendano lo scopo, le responsabilità dei dipendenti nella gestione del rischio da fatica, i programmi di formazione, le pro-

in so called shift-working family, health impacts of shift work and other aspects are also extremely important issues to be addressed in the FMRS training.

FMRS offers a new and alternative approach to traditional prescriptive duty and flight time limitations and rest time regulations currently enforced. Aviation operations are very complex and each individual airline has its own complexity, especially when a crew is working extended duty days, crossing multiple time zones, sleeping at adverse circadian times, or performing duties during a circadian nadir. It must be noted that these are just few examples of the physiologically relevant factors that are unique to every schedule and also affected by specific airline organizational needs and airport operating requirements.

The multi component approach allowed by the FRMS program, based on scientific foundation and offering an interactive way to safely schedule and perform flight operations on a case-by-case basis, helps to guarantee that crew performance and safety levels are not compromised.

The combination of these factors requires a new approach that addresses operations on an individual case basis and also allows for operational flexibility. One option for approaching this is by addressing both physiological and operational factors as part of a Fatigue Risk Management System [1,5].

In conclusion, we can summarize that FRMS is a promising alternative, based on the Aviation National Authority scientific evaluation of an Operator's proposal on duty time and rest period that takes into account parameters characterizing the airline needs and specific flight operations.

▸ REFERENCES - BIBLIOGRAFIA

1) John A. Caldwell, Melissa M. Mallis, J. Lynn Caldwell, Michel A. Paul, James C. Miller, David F. Neri. *Fatigue Countermeasures in Aviation*. Aviation, Space and Environmental Medicine-vol.80, No 1. January 2009.
2) Cabon P , Coblentz A , Mollard R , Fouillot JP . *Human vigilance in railway and long-haul flight operation* . Ergonomics, 36 : 1019 – 33; 1993.
3) Rosekind MR , Graeber RC , Dinges DF , Connell LJ , Rountree MS , Spinweber CL , et al. *Crew factors in flight operations IX : effects of planned cockpit rest on crew performance and alertness in long-haul operations* . Moffett Field, CA : NASA Ames Research Center, Report No: DOT/FAA/92/24; 1994.
4) Australian Government Civil Aviation Safety Authority. Civil Aviation Orders. Flight time limitations – pilots Part 48, Section 48.1, Issue 9 – December 8, 2004, Amdt. No. 29. http://www.casa.gov.au/download/orders/cao48/4801.pdf .
5) European Aviation Safety Agency-Final Report *Scientific and medical evaluation on flight time limitation* www.easa.europa.eu.

cedure di segnalazione dei rischi connessi alla fatica, le procedure di rilevamento dell'affaticamento e, infine, le procedure per la valutazione e il continuo miglioramento del sistema F.R.M.S.

Brevemente focalizzando l'attenzione sugli aspetti di carattere medico più rilevanti collegati all'affaticamento, bisogna notare come siano importanti l'informazione e la sensibilizzazione al fine della impostazione di un efficiente sistema di gestione della fatica.

Effettivamente, l'apprendimento di nozioni relative alle buone abitudini nella gestione del sonno, l'effetto rigenerante di brevi sonni, l'effetto positivo del bere acqua durante il volo, le informazioni sulla corretta assunzione di caffeina, alcool e farmaci, sono di aiuto nella riduzione del rischio da fatica.

È inoltre estremamente importante mettere a fuoco nell'ambito della formazione F.R.M.S. l'influenza psicologica della famiglia, degli altri aspetti di vita sociale nella cosiddetta "famiglia del turnista", l'impatto del lavoro a turni sulla salute e di altri aspetti correlati.

Il Fatigue Management System offre un approccio nuovo ed alternativo rispetto ai tradizionali limiti normativi di volo e di servizio e dei tempi di riposo attualmente in vigore.

Le operazioni di volo presentano elementi di estrema complessità ed ogni singola compagnia aerea ha le sua specificità, soprattutto quando gli equipaggi effettuano turni di lavoro prolungati, attraversano diversi fusi orari, dormono o svolgono la propria attività contrariamente ai propri ritmi circadiani.

Si deve notare che questi sono solo alcuni esempi dei fattori fisiologicamente rilevanti che caratterizzano in maniera diversa ogni specifica tratta di volo, e che sono influenzati dalle necessità organizzative della compagnia aerea ed anche dalle esigenze operative aeroportuali.

L'approccio scientifico multifattoriale consentito dal programma F.R.M.S., fornisce un sistema interattivo sicuro per la programmazione ed esecuzione delle singole operazioni di volo, ed aiuta a garantire che i livelli di rendimento dell'equipaggio e di sicurezza del volo non siano compromessi.

La combinazione di questi fattori richiede un nuovo orientamento che si occupi delle attività su base individuale e permetta allo stesso tempo la flessibilità operativa. Una soluzione per la realizzazione di tale obiettivo è quella di considerare sia i fattori fisiologici che quelli operativi come parti del sistema di gestione del rischio di affaticamento [1,5].

In conclusione possiamo riassumere che il F.R.M.S è una promettente alternativa, che si fonda su una valutazione scientifica da parte delle autorità aeronautiche nazionali, di una proposta avanzata da un operatore aereo per l'adozione di tempi di volo, di servizio e di riposo del proprio personale navigante in deroga ai limiti imposti dalla normativa, e che tiene conto dei parametri che caratterizzano le specifiche operazioni di volo di quella determinata compagnia aerea.

Associazione Italiana di Medicina Aeronautica e Spaziale

XXIV Convegno Nazionale

Complesso Monumentale di San Michele a Ripa Grande

Roma • 16-18 giugno 2011

www.aimas.it - segreteria@aimas.it