

乗務員の健康管理 サーキュラー

睡眠

— 疲労リスク管理は睡眠管理 —



(一財) 航空医学研究センター 専務理事・所長

五味 秀穂

一般財団法人 航空医学研究センター

1. はじめに

近年航空界では「疲労リスク管理」という言葉を良く耳にするようになった。

2009年のコルガン・エア機の事故^(注)をきっかけとして、多くの国と組織が「疲労リスク管理 (Fatigue Risk Management)」に注目し、その制度の作成や実施を始めつつある。

航空医学の分野でも同時期からこの問題をテーマとして議論が始まり、米国宇宙航空医学会 (AsMA : Aerospace Medical Association) でも特別のワーキング・グループが立ち上がり、2010年に提言を著している。その提言がICAOやFAAの疲労管理にも影響を与えてきたと思われる。

このAsMAの学術大会でも数年前から毎回「疲労」に関するワークショップが行われるようになってきた。そのAsMAのワークショップに参加した内容を今回紹介するが、結論としては「脳の疲労を回復させるものは睡眠である」ということで、一言で言えば「疲労リスク管理とは睡眠管理」ということである。睡眠をいかに工夫して上手く取るかについて述べていきたい。

(注) コルガン・エア (DHC-8-400) 3407便 (乗員・乗客49名) が、米国バッファロー・ナイアガラ国際空港に進入中、滑走路手前の住宅地に墜落し、地上の1名を加え全員死亡。乗員の前日の睡眠の質に関連する疲労が大きな原因とされた。乗員はいずれも遠隔地から前夜出発地のニューアークに到着し、乗員の控室で仮眠を取った乗務であった。

2. Circadian Rhythmと睡眠

我々人間の身体は「Circadian Rhythm」に則って動いているのはご承知のことと思う。表1にその概略を示す。

人間の体内時計は約24時間から25時間弱に設定されており、そのリズムに伴って体温・ホルモン調節・意識レベルなどが影響を受け動いている。(表1)

このCircadian Rhythmを自然な形でシフトできるものは日光のみである。またこのリズムの中で最も身体が休まり、眠気が一番強いのは深夜2時から8時、その中でも特に2時から5時頃と言われている。

図1に示す如く、通常夕方以降より深部体温(通常直腸温)が下がり始め(夕方7時頃から10時頃は夕刻覚醒維持の時間帯でなかなか寝付けない時間帯がある)、眠気を催し、夜間眠りに入ると更に深部体温は低下し、早朝5時頃が最低となる。この時体が一番休んでいる状態となる。その後体温は上昇し、睡眠もREM睡眠が多くなり、身体が覚醒する状態に移行していく。つまり起きるための準備が整っていくことになる。

睡眠は図2の如く入眠時は深いNon-Rem睡眠に入り(stage 1~3はその深度を示す)、これが2-3時間続いた後、Rem睡眠とNon-rem睡眠を交互に繰り返すパターンになり、やがてRem睡眠が多くなり覚醒する方向に向かっていく。Rem睡眠とは、「Rapid Eye Movement」の略で、身体は休んでいるが頭は動いている状態であり、この時に夢を見ると言われている。Non-rem睡眠は身体も頭も休んでいる状態といえる。故にNon-rem睡眠で起こされると頭も身体もボーとした時間が長く続くが、Rem睡眠の時に起こされると、比較的寝覚めは良く起きることができる。

尚、アルコールは入眠作用があつてNon-Rem睡眠をもたらすが、2-3時間後には効果が減弱してしまい、睡眠は攪乱されてしまう。睡眠のリズムが狂うのと同時に熟睡ができなくなってしまう。従ってアルコールを入眠のために用いるのは避けた方が良いとされている。

- Most biological and psychological processes vary on a 24-hour cycle:
 - Body temperature
 - Hormone levels
 - Alertness levels
- Normal rhythm is slightly longer than 24 hours.
- The sun entrains the rhythm daily.
- People deprived of light exposure maintain a rhythm about 25 hours in length.
- Maximum sleepiness usually is predawn and right after sunrise (02:00 - 08:00)

表1. Circadian Rhythm Facts

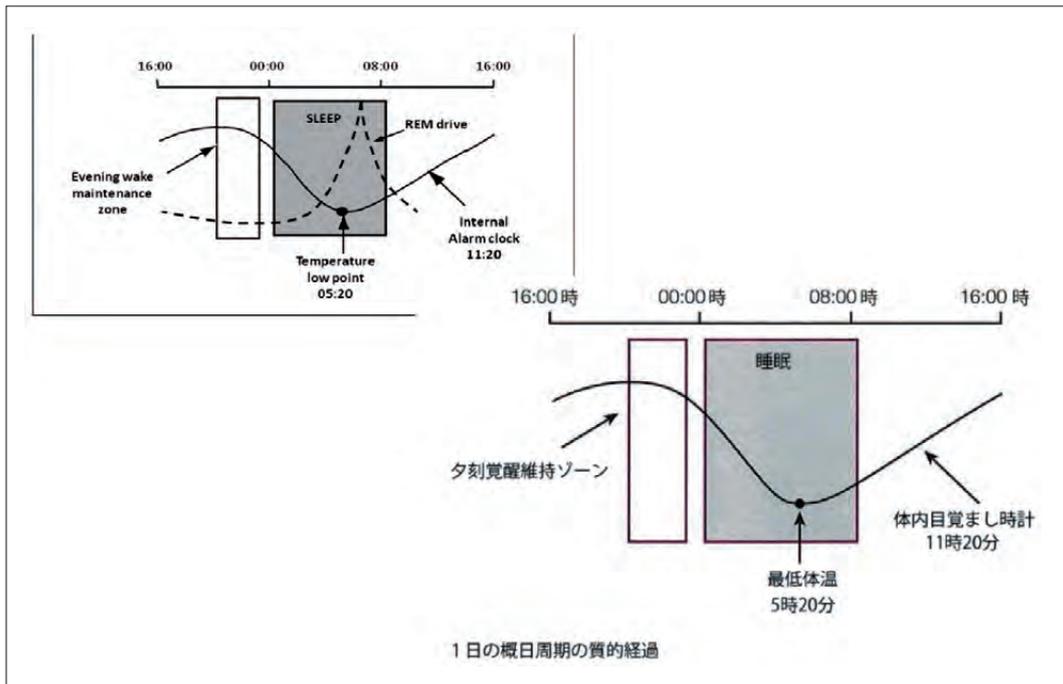


図1. 体内リズム(深部体温変化)と睡眠時期

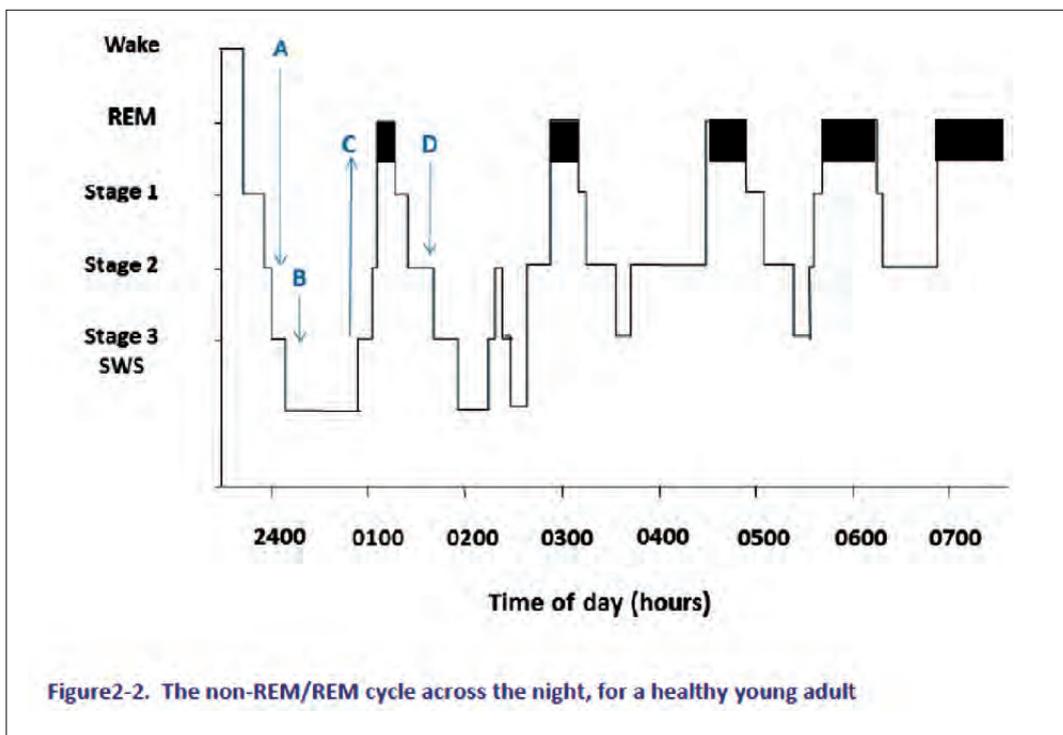


Figure2-2. The non-REM/REM cycle across the night, for a healthy young adult

図2. Non-Rem / Rem (rapid eye movement)の睡眠サイクル

3. 睡眠障害とパフォーマンスの低下

航空機パイロットはその職種の特性から、「jet lag (時差)」と「shift lag」によって体内時計がかき乱されることとなる。「shift lag」とは同じtime zoneの中にも、乗務が深夜や夜間などの時間帯に組まれ、体内リズムが狂ってしまうことである。

睡眠が充分とれない時のパフォーマンスの低下は、以前から医学の分野でも語られてきている。その例を図3、4、5に示す。

図3は時差のある路線を1週間ほど続けていると、体内リズムと実際の時間との間に差が生じてしまうという結果である。時差のある4か所（サンフランシスコを出て、成田、ホノルル、シンガポール、最後にサンフランシスコに戻る）の間を様々な時間帯で乗務してくると、1週間後には深部体温の一番低下する時間が昼間にずれてしまっているのが分かる。しかも9日目は乗務中に深部体温が最低点を示している。

図4は長時間の覚醒は作業能力の低下を来すという図である。約17-18時間の覚醒は作業能率の低下を来し、その程度は道路交通法の「酒気帯び運転」に相当する「呼気中アルコール濃度 0.15mg/l」以上と同程度のパフォーマンスの低下を招くことを示している。

図5は、短時間の睡眠が続くと、作業上のミスが多くなることを示している。実験期間の1週間、毎日3時間の睡眠を続けると、時間経過と共にミスは多くなり、1週間後に回復期間として7-8時間/日の睡眠に戻しても、1日9時間の睡眠で過ごしてきた状態までには戻らないことを示している。ミスを犯す程度は、1日の睡眠時間の長さに反比例して多くなる事が分かる。

このようなミスの増加傾向を、途中で睡眠を工夫して加えることによって、いかに少なくして低レベルにするのが我々の課題といえる。

(注) ラプス：疲労を計る検査としてPVT(Psychomotor Vigilance Task)検査がある。良く用いられる検査で、タブレット型の画面の上に光の点が現れ、そこを指で押さえる検査である。10分間行い、反応時間が遅かったり(0.5秒以上)、場所を間違えた場合を「ラプス」と呼んでミスとしてカウントする。

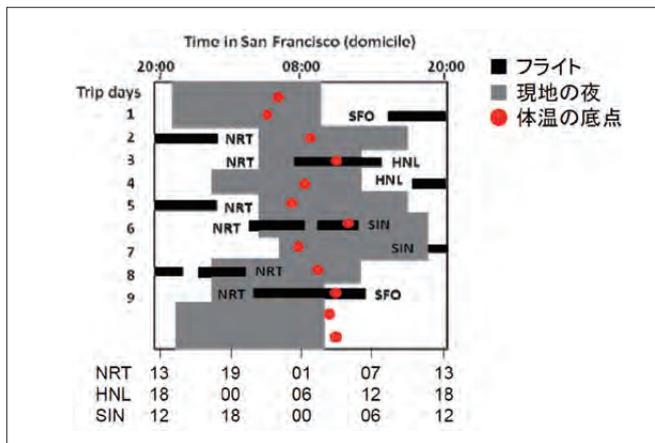


図3. 体内リズムと睡眠時期のずれ

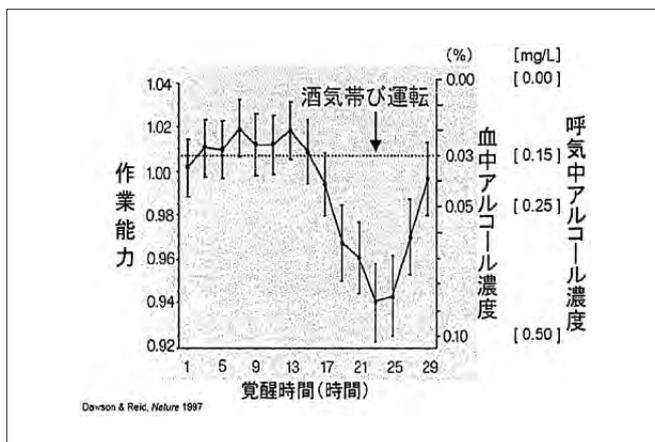


図4. 長時間の覚醒は飲酒と同様の作業能力低下をもたらす

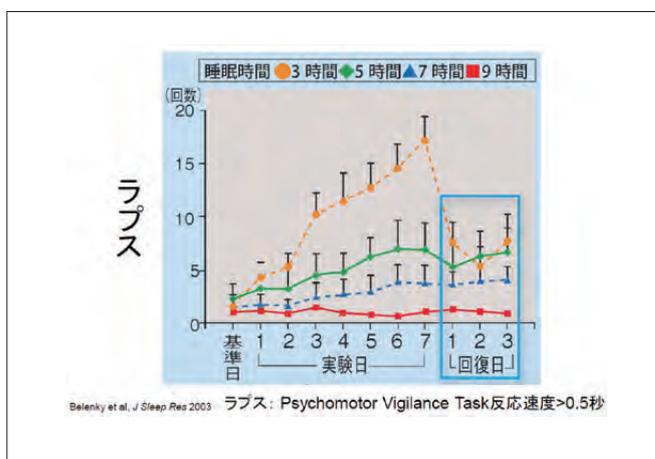


図5. 短時間睡眠の蓄積と作業能力(低下)

4. 良い睡眠を取るための対策

AsMAのワーキング・グループが提唱した、①時差への対策、②シフト勤務への対策、③良い睡眠を取るための対策 を示したものが、表2, 3, 4である。

表2はまず時差への対策である。

○新しいtime zoneに適応するために、食事や睡眠を新しい時間帯に合わせることを勧めている。これが可能である場合はトライしてみる価値があると思う。新しい時間帯の場所で何日か(2日以上)過ごす場合は、現地時間に順応するように事前から試みるのは良いが、1泊で帰ってくるような場合は、現地では可能な限り日本時間で行動することが、体調的には総じて楽であると思われる。

○次は日の光を浴びることに関してである。体内時計をシフトさせられるのは、前述したように自然の力としては「日光」のみである。強い日の光を浴びれば

体内時計は朝～午前中と認識することになる。新しいtime zoneの午前中に相当する時間帯には強い光を浴び、午後の時間帯には強い光を浴びるのを避けるようにすれば、体内時計を少しでも新しい時間帯にシフトさせられると考えられる。

○次は日常眠りにつく時のための「routine work」を作っておくことである。例えば夕食の際は量的に多い食事は避けることや、眠りにつく前にはリラックスする方法を考えておく。また睡眠2時間前までに入浴し、その後少し身体を冷やしていくと、体は眠る方向にシフトしていくことなどである。

○また新たな時間帯の場所で過ごす場合は、最初の2-3日は許可された眠剤を使って眠りを誘い、また覚醒させるためにはカフェインを用いるのが良いと提言では勧めている。表3はシフト勤務への対策である。特に夜の勤務に 対しての工夫である。

○夜間の勤務前にはなるべく朝方は屋内に居て、更に

- **Recommendations for Time Zone Adjustments:**
 - Quickly adjust meal, activity, and sleep times to the new time zone schedule¹.
 - Maximize sunlight exposure during the first part of the day.
 - Minimize sunlight exposure during the afternoons.
 - Avoid heavy meals at night because stomach discomfort will disrupt sleep.
 - Follow good sleep habit recommendations to optimize night-time sleep.
 - Try self-administered relaxation techniques to promote night-time sleep.
 - If possible, prior to bed time, take a hot bath. Cooling off afterwards may mimic the circadian-related temperature reduction that normally occurs during sleep.
 - During the first few days of circadian adjustment, use sleep medications (if authorized) to promote sleep at night, and use caffeine to augment alertness during the day.

表2. Recommendation for time zone adjustment (時差への対策)

- **Recommendations for Rotating to Different Shift Schedules:**
 - When remaining within the same time zone but rotating to night duty, avoid morning sunlight by wearing dark glasses and by staying indoors as much as possible prior to sleeping.
 - For daytime sleep, make sure the sleep environment is dark and cool.
 - For daytime sleep, use eye masks and earplugs (or a masking noise like a box fan) to minimize light and noise interference.
 - For daytime sleep, make sure to implement the good sleep habits discussed previously.
 - When on duty at night, try to take a short nap before reporting for duty.
 - After waking from daytime sleep, get at least 2 h of sunlight (or artificial bright light) in the late afternoon or early evening if possible.

表3. Recommendation for rotating shift schedules (シフト勤務への対策)

Strategies for Optimizing Sleep Opportunities:

- When possible, wake up and go to bed at the same time every day to avoid circadian disruptions.
- Use the sleeping quarters only for sleep and not for work.
- If possible, establish a consistent and comforting bedtime routine (e.g., reading, taking a hot shower, and then going to bed).
- Perform aerobic exercise every day, but not within 2 h of going to bed.
- Make sure the sleeping quarters are quiet, totally dark, and comfortable. For this to work, day workers should be housed separately from night workers.
- Keep the sleep environment cool (~26° C if you are covered).
- Move the alarm clock out of sight so you can't be a clock watcher.
- Avoid caffeine in drinks and other forms during the afternoons/evenings.
- Don't use alcohol as a sleep aid (it may make you sleepy, but you won't sleep well).
- Avoid cigarettes or other sources of nicotine right before bedtime.
- Don't lie in bed awake if you don't fall asleep within 30 min—instead, leave the bedroom and do something relaxing and quiet until you are sleepy.

表4. 質の良い睡眠を効率良くとるために

サングラスなどを使って日の光を避け、昼間に短時間の昼寝を取るよう勧めている。昼寝の際、睡眠を取る場所は暗く涼しい環境とし、アイマスクや耳栓を用いて光と音をできるだけ減弱させることが必要である。

○前述のように夜勤の前に短い昼寝を取ることは勧められており、昼寝から起きた後は、夕刻に少なくとも2時間は光(日光でも人工の光でも)を浴びることも勧めている。

○表2でも述べた眠るための「routine work」を作っておいて、眠りにつきやすい方法を普段から身につけておくのが良いと勧めている。

表4はこれらを総合して良い睡眠を取るための対策である。

○睡眠を取る場所はあくまでも睡眠を取るための場所とし、そこで仕事を行うことは避けた方が良い。

○夜間勤務のために睡眠を取る場所は、昼間に働く人達とは分けることが必要で、静かで暗い環境が必要である。また室温はやや低めの方が良い(寝具がある場合は26度以下が好ましい)。

○眠るための「routine work」として、読書やホット・シャワーなどを決めておくのが良い。

○目覚まし時計は近くに置かず、それが気にならないようにした方が良い。時間がきたら起こして貰うようにした方が眠りにつきやすい。

○アルコールを眠るための手段としては用いない方が良い。寝つきを良くするかもしれないが、2-3時間で効果は切れ、以後睡眠が攪乱されて十分な良い睡眠が取れないことになってしまう。

○眠る前4時間以内はカフェインの入った飲み物は取らない方が良い。またタバコやニコチンが入ったものは、床に就く前は避けた方が良い。

○肉体疲労を来し、体温を温める意味でエアロビック・エクササイズは推奨されるが、床につく2時間前までには終えるべきである。

○ベッドに入って30分しても眠れない場合は、一度起きて気分転換し、眠気を来すまでリラックスしているのが良い。

5. 今後の課題

今後の課題を整理したものが表5である。

航空機の操縦において乗員へのワークロードがかかるのは、通常離陸の時と着陸の時に負荷が大きいと言える。特に着陸の際には長い巡航の後、業務遂行能力の低下が予想される時にワークロードがかかることとなる。故にこの着陸の際いかに「頭の疲労」を軽減しておくかがポイントであろう。

この頭の疲労を改善させる「睡眠管理」には、①個人が工夫すること、②企業がバックアップすること、③国が環境整備をすることの3つの対策が相まって達成

されると考えられる。

表2、3、4には、主に乗員個人が工夫する対策が列記されている。

航空会社としては「地上や機内の仮眠施設の環境整備」「滞在先の環境整備」「乗務の割り振りの工夫」などが求められることになる。

国の環境整備としては、「コックピット・ナッピングに対する規制緩和」「薬に対する規制緩和」そして最後に「FRMS：Fatigue Risk Management System」の構築の整備が要求されることになるであろう。

コックピット・ナッピング(コントロール・レスト)は、乗務中に乗員が「休息」を取ることである。飛行時間などによって許可される路線は限られてくるとは思うが、効果は明らかである。現在世界の航空会社の中で8社ほどが実際に取り入れているが、約45分のナッピングタイムが設定され、必ず客室乗務員が起こしにくるよう手配をし、実質30分ほどの睡眠が取れている。これによる効果も明らかに認められており、AsMAでも強く勧めている。

薬に関しては米国でも日本でも「マイスリー(Zolpidem)」という超短時間型の睡眠薬の内服が許可されている。但し日本では乗務まで使用後48時間空けることとなっているが、米国では乗務まで12時間空け

れば良いことになっており、日本での制度の緩和が求められている。実際に国際線などでの使用は、日本の場合不可能と言ってよい。

薬剤以外ではカフェインの摂取は推奨されている。特に身体が一番休まるとされている深夜～早朝の乗務では、1回100～200mgのカフェインが覚醒に適しているとされている。しかし1日1000mg以上の摂取は、血圧上昇の副作用などが見られてくることより、避けるべきとされている。

睡眠作用のあるメラトニンであるが、米国では市販され広く一般に出回ってはいるが、製品自体の信頼性にまだ欠けることと、安易に使われて使用方法が周知されていないなどの理由で、推奨はされていない。

コックピット内の照明であるが、出発地の時間で深夜2時から5時くらいの乗務時間帯では、計器に影響しない範囲で明るくすることが勧められている。

今後「疲労管理」としての「睡眠管理」が、日本において制度としてどのような形に落ち着いていくかは未知数ではあるが、まずは乗員個人が自分にあった工夫を行っていくことが大切であろう。



表5. 疲労の管理⇒睡眠コントロール 今後の課題

「参考文献」

Fatigue Countermeasures in Aviation. John A.Caldwell, Melissa M.Mallis et all. Aviation, Space, and Environmental Medicine. Vol.80, No.1, 2009

平成29年3月発行

一般財団法人 航空医学研究センター

〒144-0041 東京都大田区羽田空港1-7-1 第二綜合ビル6F
TEL:03-6459-9970 FAX:03-5756-0139
<http://www.aeromedical.or.jp>