

持続した労働、疲労、睡眠の減少および作業成績；これらの問題についての報告

Sustained work, fatigue, sleep loss and performance: a review of the issues

GERALD P. KRUEGER

WORK & STRESS, 1989, VOL.3, No2, 129-141

持続した労働、疲労、睡眠の減少に関連した生理学的ストレスと精神的ストレスは、労働者の作業成績に影響する。この報告では、日々進化している技術社会において日常的に見受けられる、持続した労働によるストレスに関する知見を記述している。研究者は、疲労の作用により生じる持続した作業成績の低下、とくに一晚または連日におよぶ徹夜、あるいはより長時間にわたる睡眠の減少または断片化した睡眠について報告している。睡眠の減少は結果として、反応時間の低下、警戒心、知覚と認知の歪み、そして情動の変化を示す。睡眠の減少と仕事量は、このような結果をもたらすサーカディアンリズムと関係がある。これらの関係は、連続的な作業や持続した労働が要求される労働条件での大きなストレスの原因であり、また、知覚機能と認知機能の維持についての論理的モデルと密接な関係がある。

キーワード：疲労、睡眠の剥奪、持続した労働、連続的な作業成績、連続的な作業、サーカディアンリズム

1. 序論

労働者が24時間ぶっ通しでスケジュールに従って行う労働は、しばしば人間の生産性として表現され、そのような不休で活動する途切れのないスケジュールは、「連続的な作業」(CONOPS)として知られている。個々の労働者はCONOPSを行い、しばしばスケジュールされた「標準的な長さの交代制勤務(7-12時間)」で働き、全ての業務を行っている間は他の労働者によりCONOPSは緩和されている。労働者は立てられたスケジュールに従い、おそらく十分な休養と睡眠をとった後に再度仕事に就くことになる。CONOPSの例としては、化学処理工場とエネルギー生産工場から警察、消防・救急業務、輸送、情報通信、および食品産業に至るまで、全世界的な投資市場や多くのその他の企業での作業があげられる。軍隊で用いられる夜間監視システムのような技術革新は、24時間ぶっ通しの活動を増加させている。生産能力、事故発生および無断欠勤率に効果のある影響を与えず、精神的ストレスと生理的ストレスをCONOPSにより労働者に負荷されることがよくある(ColquhounとRutenfranz 1980、Johnsonら1981、AlluisiとMorgan 1982、FolkardとMonk 1985、Tepasら1985、TepasとMonk 1987)。

多くの人々は、12時間より長時間の勤務を交代制で行い、しばしば彼らは働けるだけ長く不休に近い状態で働いている。これらの異常なほど長時間におよぶ仕事は、「持続した労働」(SUSOPS)として引き合いに出される。よくあることだが、それらの作業は計画されたものではないが、ゴールに到達するまで連続して行わなければならない。それらは一般的には、労働者が疲労と睡眠の減少を感じるのに十分なほど、持続した長く時間がかかる作業になる。このことは、しばしば作業成績、作業能率、作業効率の低下を引き起こす。SUSOPSの例として、研修中の病院スタッ

フ、長時間の緊急手術、長い救助活動、災害地域での避難活動、森林火災の消火活動、軍隊での訓練任務、戦闘行動、宇宙空間での作業、嵐の中での航行や耐久力を必要とするスポーツ活動への参加があげられる。より典型的な CONOPS の交代性勤務において、労働者がときどき「規定外労働時間」の労働を行う場合は、SUSOPS とも関係する。

よくあることであるが、SUSOPS を行う労働者は、疲労や作業成績の低下が起こらない程度の、受容できるレベルで持続した仕事を要求される。数々の要因が、労働者の精神的状態や生理的状态に影響を及ぼす持続した労働、ならびに SUSOPS を行なっている間の節度ある仕事の成績と関係している。こういったことを、ここでは論評している。

1.1. 職業、労働の特色

1.1.1. 仕事の連続性

持続的な努力を必要とする仕事の程度は、その成績に影響する。絶え間のない注意、長期の絶えることのない活動、およびまたは単調な環境もしくは繰り返しの多い環境では、しばしば耐久力を長時間にわたって必要とする仕事もある。山野を横断してトラックを運転することや長時間のレーダー監視を行うことは、この 2 つの例としてあげられる。他の仕事はときどき見られるもので連続する労働時間と関係があり、活動、小康状態あるいは小休止までもが著しく減少する。十分な乗務員が勤務する長距離飛行、書類の事務処理やコンピューター登録業務の 3 つがこの例に該当する。長時間連続して認知作業を行う SUSOPS の労働者は、予想どおりに成績の低下が起こる。Angus と Heslegrave (1985) は、54 時間ぶっ通しで通信と情報処理をする模擬実験を行なってくれる被験者を必要としていた。彼らは、反応時間、論理的推理力、警戒作業、暗号への変換および暗号の解読が、段階的に 18 時間後には衰え始め、次の 6 時間後には元の状態の 70% に落ち込んだ。成績は次の 18 時間では、70% のまま安定していたが、その次の 6 時間で基準の 40% に低下し、40% のまま安定して経過した。気分とやる気の悪化、眠気と疲労が増せば成績がそれにつれて低下するという主観的な報告は増加している。さらには、徹夜の連続とサーカディアンサイクル (300–600 時間) の谷間が同時に生じると、成績は最も大きく落ち込むことになる。Mullaney ら (1985) による別の研究では、コンピューター化されたテストバッテリーを 42 時間用いて実験を行なっても、同様の結果が得られた。

1.1.2. 警戒作業と注意力

Mackworth (1957) は、警戒作業、あるいはモニターの監視作業では、反応するのに生理的および精神的に最高の状態が必要であると言及している。警戒作業は観察者によるレーダースクリーン監視作業のような、長く途切れのない時間、小さな刺激を見つけてその原因に反応する注意力に特徴付けられる (Mackworth 1957, Davis と Parasuraman 1982)。にもかかわらず、多くの仕事は 2 時間もしくはそれ以上の連続した監視作業が必要で、持続した注意力はそういった仕事においては急速に衰える。

観察者は、警戒作業が続いている時でも視覚的信号と聴覚的信号の両者の検出率が、次第に悪くなっていく (Stroh 1971, Mackie 1977, Warm 1984)。「警戒作業の低下」は、正しいものの検出数の減少と、あるいは正しいものを検出するまでの時間が必要になるのが特徴である。徹夜の開始から 20–35 分程の早い時期に、警戒能力が低下してくることが予想されると、多くの研

究で述べられているにもかかわらず、進捗や知覚ならびに危機的な信号の大きさのような、背景にあるものが要因になっている。さらに、環境のストレス、例えば、暑さ、寒さ、騒音、振動や観察者の注意の状態（疲労の程度）が、長時間の持続した注意作業を行う場合の成績に影響を及ぼすことになる。

危機的な信号を見落として大惨事が引き起こされる状況、例えば、麻酔科医による外科手術中の医療モニターの監視作業、あるいは、原子力発電所でのコントロールパネルの監視業務のような、数多くの労働の状況が存在する。4 時間未満の短時間作業とすることが推奨される（Warm 1984）が、これらの仕事にとって時間短縮が常に現実的なものであるとはいえない。

1.1.3. 機械主導型の仕事と労働者主導型の仕事との対比

機械主導型の仕事あるいは出来事主導型の仕事では、これらの要因は反応が起こったときに制御される。反応時間と仕事の長さは、機械運転型の仕事の成績を予想する上で重要である。それとは対照的に、完全な労働者制御型の仕事では、出現に反応する項目、その所要時間、そして、設定しなければならぬ反応までの時間を労働者が決定する。反応時間は、このように労働者主導型の仕事ではさほど重要ではなく、仕事の所要時間はさらに変化に富んだものになるだろう。労働者主導型の仕事の例として、電話による商品販売やコンピューターへの情報入力あげられる。

Salvendy (1981) は、5000 万人を超える労働者が、主に機械主導型の仕事をこなすことになると見積もった。機械主導型では、終始一貫した生産率を生み出すことができるが、結果として作業により労働者のストレスが増加するかもしれない。SUSOPS において、成績は典型的な仕事の速度の機能とは異なる。機械主導型の仕事の成績は、しばしばわずかな睡眠の減少によって影響され、見落としのエラーが起こる（Williams ら 1959）。

1.1.4. 身体的な仕事と認知作業との対比

持続した激しい身体的努力は筋肉疲労を引き起こし、その結果として作業成績が悪くなり、同じく持続的な認知作業は一般的な疲労感や疲労を引き起こし、そして、慢性的に極度になると「燃え尽き」が起こる。睡眠の剥奪と関連する主な作用は、生理学的なものよりむしろ精神的なものとして現れる（Haslam と Abraham 1987, Haslam 1982, Englund ら 1985, Martin ら 1986）。

身体的能力に対する睡眠の減少の主な影響は、筋肉運動が反応するための生物学的回復過程がゆっくりであるため、回復するにはわずかに長い時間が引き続き必要になる（McMurray と Brown 1984）。

睡眠の減少により認知作業の低下も早くから始まり、とくに持続した労働を行う間の注意力を必要とする警戒作業では、認知作業の低下の回数が増加する。認知作業での成績には、記憶、学習、論理的推理力、数学的計算、パターン認識、複雑な言語変換そして意思決定が含まれ、持続的な努力だけの影響によって予測される範囲をある程度越えて、睡眠の減少によりこれらの作業が低下することが示されている（Babkoff ら 1985, Englund ら 1985, Haslam と Abraham 1987）。しかしながら、睡眠の減少によって損なわれる成績の程度は、持続時間、成果についての情報、仕事の難易度、仕事の速度、熟達度、仕事の複雑さ、そして記憶力の必要性などの仕事に関する変数によって変化する（Johnson 1982）。

1.2. 労働者の作業成績における律動的な変化

一日のうち、すなわちサーカディアンリズムの中で、労働者はさまざまに予想される生理学的かつ行動学的なリズムを示す。警戒作業により 300 から 600 時間で最も低いレベルまで体温が低下し、1600 から 1800 時間ではさらに少しだけ低下する (Minors と Waterhouse 1985、Monk ら 1985)。

夜間勤務は 24 時間周期の変動と労働者への負担が主要なことになるため、多くの人にとって問題である (Tepas と Monk 1987、Monk と Embrey 1981、Folkard と Monk 1979)。このことは労働者に 24 時間を通して持続した成績をあげることへの期待と矛盾することを表している。

労働者の作業成績は時間によって変化するだけではなく、作業のスケジュールにも関係し、異なった作業時間では異なった作業結果になるかもしれない (Monk と Embrey 1981、Monk ら 1983)。仕事場での作業成績は早朝の時間帯には悪くなるというごく一般的な概念は、それゆえ訂正されなければならない。早朝の時間帯に、ある仕事では最も良い成績になり、同じ時間帯で別の仕事では、最も悪い成績になるかもしれないという仕事のスケジュールもある (Folkard と Monk 1979)。

能率と注意力の周期的な変化が 12 時間以内の短時間で起こる「ウルトララディアンリズム」もまた、持続した仕事において見られる。何人かの著者は、一般に 90 分周期で起こるものをウルトララディアンリズムとして記述しているが、通常は睡眠状態のパターン、瞳孔の散大、螺旋状の後続効果の持続時間および消化管機能のような生物学的過程に関することをいう。90 分のリズムは一般的であるが、現れることが期待できる情報をしばしば覆い隠してしまう (Lavie 1982、Hockey 1986)。

これらのことから、人間における神経生理学的リズムと精神的リズムの 50 のパターンにおいて、成績の水準と成績維持の能力への影響にはさまざまな程度があるという Trumbull (1966) の記述は、何の価値もない。

1.3. 疲労、疲労そして疲労

「肉体的疲労」は、知覚受容体または連続的な刺激による運動神経終末組織により引き起こされる、反応する力の一時的な喪失と考えられているかもしれない。それは、持続した精神的な運動、反復した荷物の持ち上げ、あるいは穴掘りのあとに感じる筋肉疲労である。生理学者は、それは肉体的な成績を減少させる (Simonson 1971、Simonson と Weiser 1976) が、しばしば強力な認知の構成要素でもあると述べている (Hockey 1986)。その判断とは、筋肉の働き（たとえば、動力計の取っ手を引っ張る作業）が、生理学的限界に到達する前には十分に起こらないということである。Caldwell と Lyddan (1971) は、被験者が試験の間に長い休憩が期待できる場合には、「最大の引っ張り」がさらに大きなものになることを示した。

時に「精神疲労」に関連している「全身倦怠」は、ほとんどの非肉体的作業の繰り返し行動に伴う主観的な疲労感である。新しい刺激の欠如は、単調で退屈な気分をもたらす、睡眠の減少に関連した疲労と眠気によって増強する。求心性刺激や大脳皮質から網様体賦活化系へのフィードバックの減少の結果だと、Grandjean (1968) はこの全身倦怠を解釈している。いくぶん対照的に、内臓の生理学的変化が原因となり、身体を通して感じる「全身」症状として Bartley (1965) は疲労を論評している。退屈は単調な作業の兆候として短時間だけ現れる (O'Hanlon 1981) が、

典型的な精神的疲労は持続した長時間におよぶ労働により引き起こされるものである。

24-32時間連続でさまざまな作業を行ったあと、どれ位努力するかという選択と努力に見合うだけの成功の可能性が与えられた疲労した被験者は、少ない努力あるいは成功の可能性が低い戦略の方を選択するかもしれないということを、 **Holding (1974)** は示した。長時間にわたる過重負荷の認知作業は、個人個人を仕事が要求された状態に直面させ、さらに仕事への努力が必要となる嫌悪な状態に導くと **Hockey (1986)** は述べている。これはふつう、仕事に関連した行動への素早い適応方法と矛盾することになる。これは作業効率の基礎的な減少よりも戦略上の変化であると **Hockey (1986)** が論じている。しかしながら、睡眠が奪われた被験者が、もうすぐ昼寝をしてもよいという話を聞いたとき、彼らの認知作業は改善する (**Haslam 1985a**)。それゆえ、「努力を嫌う」という概念は、肉体的疲労と精神的疲労の両方の論証の中心となるかもしれない。しかし、疲労した労働者が突然に肉体的作業あるいは認知作業を中断し、精力的にスポーツ活動に参加したり、「休憩時間」にコンピューターゲームを行ったりすることをしばしば眼にする。

Hockey (1986) はまた、短時間の疲労の影響と長時間にわたる過重負荷の認知作業における疲労の影響を区別しており、それらは彼が言うところの「段階疲労」呼ばれ、組織の能率水準において基礎的な変化が再び起こるかもしれない。段階疲労は長引く警戒作業に起因するが、その原因は労働者がときどき異常な長い反応時間を示す、信号を誤って送信する、短い持間作業を中断する（注意業務中の間違い）、選択を誤る、あるいは、正確性を維持するが作業のスピードを犠牲にしてその結果として単位時間あたりの少なくなった仕事を成し遂げるといったものである。

疲労は主に主観的なものであるため、定義することが難しい。技能作業研究では、「感情疲労」の報告が増加しているのに加えて、労働者もまた自身の長引く労働に払う注意の形式を変更している。1940年代初頭に、疲労したパイロットが大きな操縦エラーを起こし（概して、しばしばというよりは少ないが）、また、飛行機の動きと操縦手技が同調するタイミングが正確ではなくなったり、計器と行動にはときどき注意を払っているが忘れそうになる、ということに **Bartlett (1942)** は気付いた。認識されず制御もされない疲労は、ほとんどいつもイライラを明らかに増加させる。同様に、ヘリコプター操縦士のさらに最近の調査が **Lee ら (1979)** と **Krueger ら (1985a)** によって報告されている。

1.4. 仕事の休憩、仕事のシフトと仕事・休みのサイクル

変化それ自体、すなわち、新しい刺激が疲労の影響に打ち勝つ十分な役割を果たしている。それゆえ、仕事の休憩や一時的な休止、そして勤務体系を分けることは、急性疲労の影響に打ち勝つ方法である。

1.4.1. 仕事の休憩

短時間の休憩が正しいと主張する信頼のあるデータが多くある訳ではないが、「機械主導型」作業において、疲労軽減という点において有益である短い休憩をとることは良いことであるという限られた証拠があり、それは、働く時間が少なくなるのに生産は減少せず、ある事例では、生産性と労働者の満足度が増加する (**McCormick と Tiffin 1974**、 **Alluisi と Morgan 1982**)。座り作業と軽い肉体的活動において、休憩の有益性は退屈の除去のような主観的な要因が、ことの始まりとなっているかもしれない。荷物の上げ下ろしのような反復する激しい肉体的活動は休憩が必要であり、活動を変えることで筋肉疲労や心臓卒中が起こらないようにすることができる。

最適な休憩を取るスケジュールは、仕事や労働者そして仕事の状況の違いによって決められるものではない。仕事についての現在の傾向は、認知作業がより一層求められ休憩の問題は新しく検討する価値がある。Janaro と Bechtold (1982) は、疲労を最小限にして労働成果を最適にする方法を開発するための、最適な休憩のスケジュールを決定する試みについて述べている。

1.4.2. 交代勤務のスケジュール

Alluisi と Morgan (1982) は、1890 年に溶鉱炉で働く男たちが、一日あたり 12 時間働き一週間で 7 日間働けば、総労働時間が 84 時間にもなることを我々に気付かせてくれた。労働する週の労働時間を削減することで、事故発生の減少、無断欠勤、そして時には、生産性の向上が結果として生じた。しかしながら、人の作業と生産性への総労働時間の影響が、多くの要因と関連があることは明らかである。全ての作業と全ての産業で最適になるような単一の作業スケジュールは無い。

もし、生産性を連続して維持するのに十分な社員数がいれば、個々の労働者は交互の勤務スケジュールに従うことが可能である。日々の交代業務は、8 時間働き 16 時間のオフ、あるいは 12 時間働き 12 時間のオフから、さらに連続的なスケジュールにするために 4 時間働き 4 時間のオフ、あるいは 4 時間勤務と 2 時間のオフを一まとめとして交互にするものによって変わっていくかもしれない (Chiles ら 1968, Alluisi 1969)。地域の慣習、仕事の性質や労働者のタイプ (例えば、パート対フルタイム) によって、多くの交互に組まれたスケジュールにより CONOPS が可能になる。

1.4.3. 勤務と休憩のサイクル：小さな仕事のチームにおける SUSOPS

連続的な作業とは、新しく雇用した 2-3 名の社員へ命じられる 1 日 24 時間フルに働く作業のことをしばしばいう。軍の任務は産業における交代勤務といつも類似している訳ではないが、基礎的な部分で似ているところもある。兵士、船員あるいは航空隊員は、勤務のシフトが変わっても家に帰らずに、勤務地のそば、敷地内や仕事場でいつも休んだり睡眠をとったりして、職場のチームメンバー (「交代勤務労働者」) と交代するスケジュールが立てられた。

船や潜水艦の業務には、勤務シフト、食事、睡眠そして娯楽に関連するさまざまなスケジュール上の問題がある。Kleitman と Jackson (1950) は、さまざまな交代勤務体制を 4 時間働き 8 時間のオフというローテーションシフトを「標準化する」ことから始めて、異なる船ごとのスケジュールの長所を確かめるうえで睡眠と体温に着目した。彼らは、狭い船内でのスケジュールは典型的な上陸依存型の勤務と休憩サイクルになり、活動のサイクルと体温の適応はさらによくなると結論付けた。なぜなら、作業は体温と明らかに関連があり、乗組員の作業成績は次のようなスケジュールによって改善した。Colquhoun ら (1968a, 1968b, 1969) は、3 人を 8 時間のローテーションシフトにした場合と、2 人を 12 時間のローテーションシフトにした場合を比較するため、海軍での交代勤務の研究を指揮した。2 人シフトでは、2 人が落ち着いていたため、高い精神作業効率、良い適応そして 24 時間作業の良好な維持を示した。

宇宙空間での任務の準備において、Chiles ら (1968) は、迅速な任務と休憩の交代スケジュールの包括的で有益な研究を指揮した。被験者は、任務と休憩の比率を 1 対 1 にした 4 つスケジュールの中から 1 つに連続 4 日間参加した。(a) 2 時間の任務、2 時間のオフ、(b) 4 時間の任務、

4 時間のオフ、(c) 6 時間の任務、6 時間のオフ、(d) 8 時間の任務、8 時間のオフ、である。スケジュールにかかわらず、警戒作業、計算作業、標的の同定作業と乗務員コードロック解除作業に対する作業スコアは、96 時間の任務を行っている間は改善した。任務と休憩の比率を 2 対 1 にした同様の研究は、被験者は 4 日の間 24 時間ずっと、4 時間の任務、2 時間のオフで行い、比率を 3 対 1 にした研究は 6 時間の任務、2 時間のオフのスケジュールで行なわれた。どちらの研究も、全ての作業測定において 24 時間周期で起こる出来事の多様な変化の明白な証拠が得られたが、どちらか一方が他方よりも明らかに良いということはなかった。被験者は、4-2 の組合せを 6-2 の組合せよりも良いと選んだ。前者は睡眠時間が 24 時間で 5.5 時間であるのに、6-2 スケジュールは平均睡眠時間が 4 時間にも満たなかった。

その後、15 日 (360 時間) と 30 日 (720 時間) に限定した研究において、4-2 と 4-4 のスケジュールで雇用したそれぞれの場合では、4-4 のスケジュールの方が 4-2 のスケジュールよりも作業水準が終始一貫してよい状態を維持した。15 日のグループが他のグループの神経生理学的データと作業データを示され、24 時間周期のデータが低い値を取らないようするための目標を与えられたとき、彼らは反応とやる気の有用性を示すことが可能であった。全体的に見れば、Chilesら (1968) は次のようなことを示した。(1) 1 日に 4-4 のスケジュールで 12 時間働く被験者は、4-2 のスケジュールで 1 日に 16 時間働く被験者よりも、全般的により作業水準を維持することができた。(2) 少なくとも 15 日以上期間、本質的に何の減少も見られないまま 4-2 のスケジュールで 1 日に 16 時間働くことが可能であった被験者もいた。(3) 高いやる気と作業成績で 30 日以上期間、4-4 のスケジュールで被験者が働いたときは、無制限の状態できちんと 8 時間ごとの分離シフトで働く被験者によって維持される作業水準と変わらない。(4) 4-2 のスケジュールで 1 日に 16 時間働くことは、1 日あたりに人が働く時間としては最長時間である。

1.5 睡眠の減少の影響

持続した労働における最も重要な関心事は、睡眠の減少の影響である。労働者が延長した時間、睡眠が減少した状態で作業するとき、睡眠の減少の蓄積は作業成績、気分および態度を悪化させる。実際の例では、間歇的で途切れ途切れに与えられた睡眠が限られたものであった場合、最高レベルにまで認知機能と作業成績を回復させるためには、一般的に不十分な睡眠である。

多くの著者は睡眠と睡眠の減少の影響を論評しており (例えば、Kleitman 1939、Webb 1968、1982)、労働条件の設定における人の作業成績に関する多数の論文がある (例えば、Dunnette 1976、Salvendy 1982、1987、Boffら 1986)。世紀が移り変わるころには二つの話題の統合が試みられたが (Patrick と Gilbert 1896)、労働社会の睡眠の減少と持続した労働の影響についての応用研究は、むしろ近年になって行われている (Englund と Krueger 1985、Krueger と Englund 1985、Kruegerら 1985b、Krueger と Barnes 1989)。

1.5.1. 睡眠の減少による作業成績の悪化についての間違っただけの説

労働者が持続した労働を要求されて睡眠が奪われたとき、時折「意識のブロック」あるいは短時間の無反応として普通に目撃され、その頻度と持続時間は増加し、ブロックの間の作業成績は初期水準近くまで低下した状態になる (Bills 1931)。Bjerner (1949) は、「ブロック」をより一般的な言葉である「間違い」と表して、反応時間が長くなることと覚醒状態が長時間にわたり減少することが一致するという事を見出した。Bjerner (1949) は、短時間の睡眠あるいは「マ

「マイクロ睡眠」(1-10秒)を考える場合に間違って睡眠の剥奪とみなしたが、その話題は Williams ら (1959) の独創的な仕事によって研究が続けられた。

Williams ら (1959) は少なくとも 72 時間、時には 98 時間もの間、被験者を起こしたままの状態にした。単純な実験者主導型(機械主導型)反応時間(RT)テストでは、彼らは最も遅い反応と最も速い反応との間で、間違いの持続時間と頻度が増加するという違いを発見し、反応時間の分布もより長い反応時間を示した。睡眠を剥奪された被験者は、いくつかの試験において初期の頃のベースラインの最も良い反応時間に大変近くなるほど有能であったが、最も長い反応時間の持続が著しく増加することを彼らは示した。被験者は最も悪い作業成績が進行性に悪化し、最もよい作業成績でさえも最初のレベルに近づく程度にしか維持できなかった。連続する睡眠の減少は間違いの頻度と持続時間を増加させたが、間違いの間の作業成績は受け入れられるけれども一般的には減少した状態であった。睡眠の減少は聴覚、視覚あるいは振動刺激を用いる実験者主導型の警戒作業の成績悪化も例外なく引き起こす。作業の間違いは作業速度と、間接的にのみ脱落のエラーという正確性の問題に関連している。睡眠の減少が進んでくると、作業の初期にもエラーが現れ始め、初期の努力の成果から得られる有用性あるいは仕事の合間の休憩は次第に少なくなってゆく。

被験者が反応時間や反応と反応の間のインターバル(労働者主導型業務)を制御するさまざまな仕事(足し算、通信、目標達成の構想)では、一貫していた結果は正確性だけではなく、作業の進度あるいは反応速度も変化する。これら速度の低下は、主に間違いの頻度と持続時間が増加することから始まる。これらもまた、正確性がわずかに増加するまたは正確性がまったく変化しないという、同じ仕事の特性によって影響を受けた。被験者は、反応の遅れやエラーの訂正を考慮された限りのない反応時間を持ち、正確性のために速度を犠牲にして被験者を刺激することで訂正の方へ通常は導かれる(Williams ら 1959)。

Williams ら (1959) は、間違いの仮説のために減少に影響を与えた更なる条件での研究を行い、次のようなことを見出した。(1) とくに結果を認識させられた場合、損害が少なくなる傾向にある場合、しかし、その違いが小さくて矛盾する場合は、やる気の水準が変化する。(2) 被験者にほんの少しばかりよい作業成績をあげさせたり、単なる単一刺激の作業により、よい成績を上げることが熱心に勧める。(3) 通信の受信作業の複雑さが増し、結果としてより多くの脱落のエラーが起こる。(4) 睡眠の減少状態で、被験者が情報をすばやく取得したり、思い出したりすることに頻繁に失敗する。(5) 睡眠の減少が進んだ状態で、脱落のエラーに関係する脳波のアルファ波の振幅が常に減衰する。そして、(6) 睡眠の後には十分な回復が得られる。

さらに最近の 72 時間ずっと睡眠が剥奪された状態の研究(Thorne ら 1983、Babkoff ら 1985)では、被験者は完了するのに 30 分かかる、さまざまな知覚作業と認知作業を一時間ごとにテストされた。その作業には、単純なものから複雑なものまであり、論理的推論、記憶、連続の足し算と引き算、パターン認識、複雑な言葉の変換および警戒作業が含まれていた。睡眠の剥奪された状態が続くと、作業に要する平均時間は加速的に増加する。増加の割合は作業により異なり、長い作業では短い作業よりも大きな増加を示し、睡眠の剥奪された状態なのか労働負荷の効果なのか区別がつかない。全ての作業の成績は、気分、やる気および独創力の低下と平行して悪化した。認知作業の成績は、睡眠をとらないでいくらか連続性のある労働の 24 時間ごとに 25%程度減衰する。被験者がさらに疲れると、初めの頃一時間あたり 30 分要していた認知テストは、完了する

のにさらに長い時間を要するようになり、72 時間経つと被験者は連続してテストを行っていた。認知作業の減衰は、体温の 24 時間周期の変動に関係がある。

持続した作業における睡眠の減少の影響を調べた多くの研究があり、その研究には眠りたいと思っても睡眠が制限されているスケジュールに、労働者が上手く順応できないことを指摘したものの (Carskadon と Dement 1979、1981) がある。前に行われた睡眠の減少を伴う実験は、作業成績に睡眠の減少がおよぼす有害な影響に対して、労働者が上手く処理するように訓練されていないものである (例えば、Webb と Levy 1984)。睡眠の断片化が多くなるほど、睡眠による回復力の価値は低くなり、認知機能の回復も最小限になる (Stepanski ら 1984)。とくに、睡眠が相対的に作業成績に対して取るに足らないものになる (Johnson ら 1974)。昼寝をとった後の作業の成績に昼寝はしばしば良い影響を与える (Naitoh ら 1982、Naitoh と Angus 1987、Dinges ら 1985)。そして、睡眠の減少はさまざまな作業の成績を悪化させるが、その程度は年齢とともに増加する (Webb と Levy 1982、Webb 1985)。

1.6. 持続した作業と連続した作業の研究

必要とするだけの睡眠の減少を実際の労働スケジュールを用いて行なわれた軍の研究がある。Drucker ら (1969) は、二人の男性を一組としたチームに 48 時間連続して補足的追跡作業と標的的同定作業を行わせた。明らかな作業成績の低下は、とくに普通の睡眠をとっている作業の両方で観察された。チームメンバー間の作業のローテーションは、作業成績を増幅させたり成績の低下を弱めたりしなかった。SUSOPS に関する一連の研究において、作業時間が 36 から 48 時間の時、警戒作業中の疲労のために個人の作業成績が次第に変化を示し、歩兵隊の三つの作業 (夜間監視装置による監視した標的の確保作業、ライフル発射作業と手榴弾を投げる作業) の成績はかなり安定したと Banks ら (1970) は報告した。

Ainsworth と Bishop (1971) は、四人の戦車乗組員が攻撃、守備そして撤退の行動を 48 時間行う SUSOPS を研究した。乗組員は著しく作業成績を低下させることなく、通信、障害物コースでの操縦、標的監視、激しい砲撃そして修理作業を行った。長引いた高いレベルの注意力や動きながら行う調査と運転のような知覚・運動複合活動による行動は、もっとも睡眠の減少に対して敏感であり、戦車の乗組員の作業成績はサーカディアンリズムによって明確に影響を受けず、そして、睡眠をとらずに作業時間を 48 時間まで引き伸ばすことができるにもかかわらず、乗組員は作業成績の全てを低下させたと、その著者らは結論付けた。

Morgan ら (1974) は、4 時間の勤務のあと 4 時間の休憩、さらに 4 時間の勤務、そして 12 時間の休憩をそれぞれ 2 日間行い、次に連続する 48 時間の勤務のあと 24 時間の休憩、そしてさらに 2 日間 4-4-4-12 のスケジュールにしたがって働くという内容で構成された、7 日間の労働効率性を研究した。谷間にある 48 時間の SUSOPS を行なっている間の作業成績は、サーカディアンリズムによって明らかに影響を受けた。作業成績の低下は連続した労働の 18 時間後に初めて起こり、最初の夜が明けた早朝の基準値平均の 82% まで作業成績は低下した。それから成績は二日目の基準値の 90% まで改善したが、その夜にはおよそ 67% まで低下した。全ての作業成績が基準値レベルまで改善したのは、休憩を 24 時間とった後だった。

別の研究では、パラシュート連隊の 3 つの小隊が、連続的に行われる歩兵隊による軍事作戦の野外研究に参加した (Haslam ら 1977、Haslam 1985b、Haslam と Abraham 1987)。9 日間に

およぼ訓練において、第1の小隊は眠ることが許されず、第2の小隊は1.5時間の睡眠、そして第3の小隊は24時間ごとに3時間の睡眠をとることが許された。銃撃、武器の操作、穴掘り、行進ならびに巡視などの軍事的作業は、隅々まで評価された。被験者は、地図を使った軍事戦略、暗号の作成と解読、短期記憶および論理的推理が盛り込まれた認知テストを毎日一通り行った。

眠ることが許されない小隊は、眠らずに3夜を過ごした後は軍としては役に立たない状態であり、小隊のメンバー全てが眠らずに4夜過ごした後に訓練から撤退した。1.5時間眠った小隊のメンバーの32%は5夜過ごした後に撤退し、この小隊は6日後に軍としては役に立たないと判断された。一晩に3時間睡眠をとった小隊は、9日もの間まったく無傷な状態で役割を維持していた。

これに関係する研究では、歩兵部隊の兵士が連続する活動を90時間、不眠状態で行い、その後の6日間は4時間の睡眠をとることが許された (Haslman 1978、Haslman と Abraham 1987)。全ての被験者はこれらの訓練を完了できた。どちらの研究においても睡眠を奪った影響は、生理学的なものよりも精神的なものであり、肉体的な適合性は低下しないにもかかわらず精神的能力と気分は悪化した。警戒作業とより困難で細かい認知作業がもっとも悪化した。睡眠をとらずに3夜過ごした後、これらの作業成績は50%近くにまで落ち込み、軍として役に立たないと判断される基準点数の35%まで低下する場合もあった。武器操作テストのような単純かつ熟練した作業ではあまり影響がない。警戒作業中の砲撃、突然の出来事に対処する作業では低下が著しかったが、自己のペースで砲撃を行うグループの作業成績は低下しなかった。

一般には、睡眠が減少した最初の4日を過ぎると認知テストの成績が急激に低下し、その後、屋外研究を続けている被験者の作業成績が均一化する傾向がみられた。疲労が増加すると、軍曹が適切にリラックスした指揮を行った方が直接命令するよりも励みになることに気付いた。ほとんどの兵士が睡眠の剥奪によって軍の小隊に対して睡眠への配慮を感じるようになるかなり後の段階では、もはや励ましは必要ではなく、個人の衛生と自分自身への注意が低下した。

この第二の研究では、3夜で一晩あたり4時間の睡眠をとると、次の日には作業成績と気分は、平均コントロール値まで十分に回復した。最初のまとまった4時間睡眠の後、作業成績はコントロール値の60%に回復し、3度目の睡眠の後では訓練を3日残した状態で、コントロール値の80%に回復した。この全ての明確な影響は例外的なもので、起床直後に行なわれた認知テストの成績は、4時間の睡眠をとることができる夜を何日か過ごした後でさえ、低いまま（睡眠後不活発状態）であった。作業成績を回復させて継続させるために24時間ごとに4時間の睡眠により得られる効用が認められた (Haslam 1982、1985a)。4時間の睡眠を1時間ごとに4つに分割しても、連続する4時間の睡眠と同程度に回復させた。さらに、睡眠をとらずに3日間過ごした後は、2時間の昼寝ができるかもしれないという期待は、作業成績を実質的に改善した。

広範囲にわたる飛行業務中のパイロットの業務成績についての研究では、6人の操縦士が1日20時間勤務で5日間、夜間は3.5時間睡眠をとり、一日に11.5時間ヘリコプターを操縦した (Kimball と Anderson 1975、Lee ら 1979)。これらのパイロットは任務に就く日には一時間に32もの異なった操縦操作を行なって飛行した。第二の研究では、機長・副機長は5日間に1日20時間、睡眠時間はおおよそ4時間とって14回のヘリコプターシュミレーター操作を行なった (Krueger ら 1985a)。12人全てのパイロットが、大きな出来事もなく2度にわたって5日間の研究を完了した。しかし、4日目まで飛行業務の精神運動の構成要素が受け入れがたい水準まで

低下しなかったので、操作頻度は少なくなるが周期的に制御入力を行う必要のある、より一層受け身の飛行制御戦略をパイロットは採用した。さらに重要なことは、4日目までパイロットは安全性と通信のチェックを忘れてたり、ナビゲーターとしてあまり活動していない時に、副操縦士が所々居眠りをしたりするような見落としのエラー（たいていは、間違い）をときどき起こしていた。これらの研究は一晚にわずか3.5から4時間の睡眠しかとらない場合は、能率と安全性の面からたとえ費用が掛かるにしても、少なくとも5日間では一日に12-14時間なら訓練された兵士が、複雑な人と機械のシステムを制御して操縦することができることを示している。

砲撃指揮センター（FDC）の部隊は、地図上で3日間の長時間におよぶ戦術的な戦闘の模擬訓練に参加し、あらかじめ設定された標的と未設定の標的攻略と、同時にあらかじめ計画された砲撃と照らし合わせる任務を行なった（Bandaretら1981）。作業成績の低下は、訓練を始めてから24-48時間以内に明らかなものとなった。4つの部隊全てで48時間までに作戦の撤退を選択することになった。部隊は時間が経過するにつれエラーが多くなったが、撤退するまでの間は作戦の一般的な有効性は保たれていた。個人の作業成績（例えば、設定された砲撃任務、新たな情報に基づき設定された任務の修正および状況を示す図面の維持）は最も低下した。Haslamの研究によると、部隊内の指揮能力と団結力は良好であり、その機能も良く、忍耐力も持続した。それゆえ、睡眠が奪われる状況下では、指揮されないまま率いられている部隊よりも、上手く指揮されている部隊のほうが、能力が優れていると一般的に言われている。しかしながら、優れた指揮能力が睡眠を得られるまたは睡眠を奪われるといった状況を、大きく量的に変化させることはできない。

ドライバー疲労の研究の多く（例えば、Brown1965、Brownら1967）は、普通の労働日に継続して12時間の運転業務につくことは、知覚機能または運動機能には影響をおよぼさないと結論付けている。長時間におよぶ作業、すなわち15時間を超えるトラック運転業務とそれに伴うさまざまな作業を行う15人の若年成人による、自動車運転の模擬訓練を用いての研究がおこなわれた（EllingstadとHeimstra1970）。トラック運転業務は研究の進み具合を著しく低下させた。運転業務に伴う作業は、15時間を超えても際立った変化を示さず、作業成績を明らかに低下させるものではなかった。

それゆえ、継続した業務の研究は表面上では相矛盾する結果をもたらすものがあり、場合によっては個人差に注意を払うことが必要である。さらには、経験的操作、模擬訓練の忠実さ、測定方法や測定技術あるいは一般原則の決定を困難にする従属変数の選択や、現実に行なわれている長時間におよぶ作業を予測するための基礎研究によって、未知の変数を推定することにより、研究デザインが大きく異なってくる。この領域でのさらに質の高い研究が必要であり（EnglundとKrueger1985、KruegerとEnglund1985）、これらの知見には持続する知覚機能と認知機能の論理的モデルが含まれており、また、持続する軍での任務では明らかに適応できるが、一般市民の工業的業務にはおそらく当てはめることができない。

1.7 昼寝と持続業務に対するその効果

慣習的に、昼寝はとくに日中の短時間の睡眠を意味し、通常の夜間の睡眠を補うものあるいは、それにとって代わるものである。昼寝は、休憩、仕事のペースを変えるものとして確立されており、もしも昼寝が元気を取り戻すのに十分な時間与えられれば、昼寝は労働者をリフレッシュさ

せることができる。午後早くにシエスタをとることが、労働者にとって日常的な習慣になっている国もある。長さ、回数、質、ならびに連続的な仕事・休息の合間にどのように配分するかが持続する業務における昼寝の効果にとっては重要である。

多くの著者が1日の間にとる短時間の睡眠という意味で「昼寝」という言葉を用いている。それゆえ、「昼寝」もしくは「夜間の短時間の睡眠」は読む文献によってことなつた意味で用いることができる。多くの睡眠研究者は、昼寝が機能低下を回復させる効果があり、作業成績の低下を防止するために、連続した4-5時間の睡眠をとるべきであると述べている。睡眠連続性の理論は(NaitohtとAngus 1981)、連続的な睡眠が能力回復に大きな力を発揮し、得られた睡眠がいろいろな段階でどれだけ持続したのかという重要性の概念に基づいている。もし、睡眠が24時間を超えて細切れになった場合は、トータルした睡眠時間が同じであっても、その効果はずっと少なくなってしまう(Naitoh 1981、NaitohとAngus 1987、Hartley 1974)。

NaitohとAngus(1987)は、睡眠が管理された状況下での昼寝、長引く労働をしている間のあらかじめ計画された昼寝による、人間の機能を維持するための計画について検討している。彼らは、睡眠不足や疲労を感じる前に、予防的に昼寝を取ることが作業成績と気分を維持するのに効果的であると述べている。しかしながら、昼寝から目覚めてしばらくは能力の低下がおこり、その時間は目覚めてから15分または20分にもおよぶことがある。これら睡眠による不活発性の影響は、幅広いいろいろな業務にあてはまり(Dingesら1985)、もしも労働者が目覚めてすぐに期待された作業をすることに対応させられるのなら、不活発であることを想定しておかなければならない。研究者たちは、作業に対する昼寝の持続時間の影響、仕事と休憩のスケジュールの中で推奨される昼寝をするタイミングや昼寝をどこにもってくるか、昼寝をしている間に得られた休息や睡眠の質、ならびに睡眠の不活発性の影響について矛盾する解釈を行っている(Dingesら1988)。

1.8. 薬理的介入

さまざまな軍による研究では、CONOPSにおいて作業成績を維持したり、向上させたりする薬物治療の可能性を検証している。睡眠薬は任務に就いていない時に用いることができる。Bairdら(1983)は、フォークランド紛争への飛行任務に就く前の非番の時に、睡眠導入のためベンゾジアゼピン(テマゼパム)が空軍の隊員に投与した。StormとParke(1987)は、非番の時に睡眠導入の目的のためテマゼパム投与後のアメリカ空軍戦闘機操縦士の睡眠と作業成績のデータを引用している。イスラエル軍では、ウガンダのエンテッベ奇襲攻撃の際に、空軍分隊隊員(乗客)に睡眠の促進を目的として睡眠薬を投与し、また、O'Donnell(1986)は、さまざまな時間帯に飛行する軍の航空部隊に、時差の予防薬としてベンゾジアゼピンを使用することを提案した(O'Donnellら1988)。

個々の薬の固有用量によって得られる睡眠あるいは休養の量と質、薬を服用して眠っている最中に起きることができるかどうか、また、緊急事態が起こったときに、いつものように素早く反応することができるかどうか大きな関心事である。対照的に、軍ではアミノ酸1-トリプトファンのような、「非睡眠薬」である睡眠補助剤を使用することを主張する研究者もいる(Spinweber 1986)。睡眠薬を繰り返し使用した場合に、睡眠から目覚めた後の作業に長引く影響を与えるかどうかその他の関心事である。

選択された状況下では、幅広い作業を行うための注意力を維持するために、興奮剤がよく使用されている。Jones (1985) は、第二次世界大戦中のソビエト軍は疲労と眠気を防止するため、また、記憶力と集中力を改善するために薬物を使用していた。ベトナム戦争では、メチルフェニデートとデキストロアンフェタミンをアメリカ軍長距離偵察隊のパトロール兵が持ち歩いていた。Jones (1985) は、疲労を強く感じたり、ベースキャンプに急いで戻らなければならない場合、任務を完了するために薬を使用するのが最も効果的な使用であると兵士が考えていたと述べている。興奮剤を止めた後のリバウンドとして起こる穏やかな抑うつと疲労以外に、合併して起こる不利益な作用はないと報告されている。しかしながら、Holloway (1974) は、兵士による興奮剤中毒により、彼らが軍の任務を途中でやめてしまうという問題を報告している。

興奮剤の持つその幅広くよく理解されていない身体への生化学的作用と生理学的作用、そして、とくに作業に対する効果を考慮しなければならない。いくつかの興奮剤は、認識力と作用の安全性を低下させ、抑うつと疲労のようなリバウンド効果をもたらし、同じ作用を得るためには薬の使用量を次第に増加させる必要があり、そのような結果ついには中毒になる。

1.9. その他の要因

SUSOPS を行なっている労働者の作業は、いくつかの他の要因の相互作用によって影響を受ける。つまり、作業前の休息の量、身体の適合性、忍耐力、環境状況、継続した労働の回数、一日の作業時間、作業のタイプ、仕事の負荷量、そして、やる気 (Englund ら 1983) である。例えば、継続した作業に従事する前に休息をとるべきであるが、我々が睡眠を貯めておくことはできない、しかし事前の休息は長い時間にわたり有害な効果を食い止めるであろう。他の要因はすべて、個人の肉体的適合性の状態は、多くの継続した労働では持久力、とくにそれらは広範囲にわたる肉体的構成要素に等しい。騒音は、聴覚による警戒作業における睡眠減少の効果を少なくする。非常に興味が持てる作業は、作業を行うためのやる気を長続きさせる。

2. 討論

理論的な研究では、SUSOPS そしてまたは CONOPS が個人の情報処理過程に作用することを強調されなければならない。この問題の評論から、継続した作業の心理的モデルが、連続的な業務のために長時間の割り当て仕事が必要になること、疲労、睡眠の減少、サーカディアンリズムなどの説明をしなければならないということ、そして、仕事の種類別に作業成績の予想を行い、休憩を取るためのスケジュール、やる気のレベルや他に介在する変数について説明しなければならないということを明らかにすべきである。

SUSOPS とあるいは CONOPS の重要な研究にはさまざまな疑問が残っている。もしも、たとえ作業成績が減少しても長時間の交代勤務で働いて、急いで成績を出すことはそれほど危機的ではないが、追加で労働者を雇い入れて訓練するのにひどく費用がかかるような状況において、成果、生産性および有効性と引き換えにするものは何であろう？労働者がそのように時間を延長して働くことを正当化するのに十分な量にまで、一人一人の労働者の生産性を全て増加させることができるのだろうか？彼らの「一週間の労働」を3日もしくはそれ以下で終了させるために、一日に15時間あるいはそれ以上働くフレックスの労働者には、何の意味があるのだろうか？労働者の成果が収穫の逡減に至る特徴的なことがあるのか？結局のところ、最適な一週間の労働が本当に

あるのかどうか問題である。継続した作業が計画されたものなのか未計画なものなのか、継続した作業について労働者のストレスに関する新しい研究が行なわれて、生産性や仕事の有効性の問題が増加することを明らかにするべきである。

謝辞

この報告が 280 名を超すアメリカ国防省のメンバーが持続的・連続的作業における人的要因工学国際技術グループを後援したことを本研究の重要な点として強調する。アメリカ軍中佐である **Gerald P. Krueger** 博士は、1984 年 11 月から 1988 年 5 月まで、ワシントンにあるウォルターリード軍研究所の **charter chairman** であった。彼の議長就任中、ワシントンやアメリカ国内でいくつかの会議とシンポジウムが開催され、そこでは、グループのメンバーが研究で直面した大きな問題、とくに継続した軍の成績に関する予測を行っていたと述べている。

この論文は、**Dinges** らにより仕事と労働 (1989) の特別発行第一号として、第二号 (1988) はアメリカ国防省の持続的・連続的作業における人的要因工学国際技術グループの **Gerald P. Krueger** と **Carl E. Englund** により収集されて編集された。

参考文献

- Ainsworth, L. L. and Bishop, H. P. 1971, The effects of a 48-hour period of sustained field activity on tank crew performance, HumRRO Technical Report No. 71-16 (Human Resources Research Organization: Alexandria, VA), (DTIC No. AD-731-219).
- Alluisi, E. A. 1969, Sustained performance. In E. A. Bilodeau (ed.) Principles of Skill Acquisition (Academic Press, New York).
- Alluisi, E. A. and Morgan, B. B. 1982, Temporal factors in human performance and productivity. In E. A. Alluisi and E. A. Fleishman (eds) Human performance and Productivity, Volume 3: Stress and Performance effectiveness (Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ). Chapter 6, pp. 165- 247.
- Angus, R. G. and Heslegrave, R.J. 1985, Effects of sleep loss on sustained cognitive performance during a command and control simulation, Behavior Research Methods, Instruments, and Computers, 17, 55-67.
- Babkoff, H., Thorne, D. R., Sing, H. C., Genser, S. G., Taube, S. L. and Hegge, F. W. 1985, Dynamic changes in work/rest duty cycles in a study of sleep deprivation, Behavior Research Methods, Instruments, and Computers, 17, 604-613.
- Baird, J. A., Coles, P. K. L. and Nicholson, A. N. 1983, Human factors and air operations in the South Atlantic Campaign: Discussion paper, Journal of the Royal Society of Medicine, 76, 933-937.
- Banderet, L.E., Stokes, J. W., Francesconi, R., Kowal, D. M. and Naitoh, P. 1981, Artillery teams in simulated sustained combat: Performance and other measures. In L. C. Johnson, D. I. Tepas, W. F. Colquhoun and M. J. Colligan (eds) The Twenty-four Workday: Proceedings of a Symposium on Variations in Work-Sleep Schedules DHHS NIOSH Publication No. 81-127 (US Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH), pp. 581-604.
- Banks, J. H., Sternberg, J. J., Farrell, J. P., Debrow, C. H. and Dalhamer, W. A. 1970, Effects of continuous military operations on selected military tasks, BESRL Technical Report No. 1166, US Army Behavioral and Systems Research Laboratory, Arlington, VA. (DTIC No. AD-718-253).
- Bartlett, F. C. 1942, Fatigue in the air pilot. FRPC Technical Report No. 488 (Psychological Laboratory, University of Cambridge: Cambridge, UK).
- Bartley, S. H. 1965, Fatigue: Mechanism and Management (Charles C. Thomas Publishers, Springfield, IL).
- Belenky, G. L., Krueger, G. P., Balkin, T. J., Headley, D. B. and Solick, R. E. 1987, Effects of continuous operations (CONOPS) on soldier and unit performance: Review of the literature and strategies for sustaining the soldier in CONOPS, WRAIR Technical Report No. BB-87-1 (Walter Reed Army Institute of Research: Washington, DC) (DTIC No. AD-A191-458).
- Bills, A. G. 1931, Blocking: A new principle in mental fatigue, American Journal of Psychology, 43, 230-245.
- Bjerner, B. 1949, Alpha depression and lowered pulse rate during delayed actions in a serial reaction test: A study in sleep deprivation, Act Physiologica Scandinavica, 19, Suppl. 65.
- Boff, K. R., Kaufman, L. and Thomas, J. P. 1986, Handbook of Perception and Human Performance: Vol. 1,

- Sensory Processes and Perception, and Vol.2, Cognitive Processes and Performance (John Wiley and Sons, New York).
- Brown, I. D. 1965, A comparison of two subsidiary tasks used to measure fatigue in car drivers, *Ergonomics*, 8, 467-473,
- Brown, I. D., Simmonds, D.C.V. and Tickner, A. H. 1967, Measurement of control skills, vigilance, And performance on a subsidiary task during 12 hours of car driving, *Ergonomics*, 10, 665-673.
- Caille, E. J. P., Quideau, A. M. C., (Girard. J. F. J., Grubar, J. C. and Monteil, A. C. 1972, Loss of sleep and combat efficiency: Effects of the work/rest cycle. In W. P. Colquhoun (ed.) *Aspects of Human Efficiency* (English Universities Press, London).
- Caldwell, L. S. and Lyddan, J. M. 1971, Serial isometric fatigue functions with variable intertrial intervals, *Journal of Motor Behavior*, 3, 17-30.
- Carskadon, M. A. and Dement, W. C. 1979, Effects of total sleep loss on sleep tendency, Perceptual and Motor Skills, 48, 495-506.
- Carskadon, M. A. ,and Dement, W. C. 1981, Cumulative effects of sleep restriction on daytime sleepiness, *Psychophysiology*, 18, 107-113.
- Chiles, W. D., Alluisi, E. A. and Adams, O. S. 1968, Work schedules and performance during confinement, *Human Factors*, 10, 143-196.
- Colquhoun, W. P., Blake, M. J. F. and Edwards, R.S. 1968a, Experimental studies of shift work I: A comparison of 'rotating' and 'stabilized' 4-hour shift systems. *Ergonomics*, 11, 437-453.
- Colquhoun, W. P., Blake, M.J. F. and Edwards, R. S. 1968 b, Experimental studies of shift work II: Stabilized 8-hour shift systems. *Ergonomics*, 11, S27-S46.
- Colquhoun, W. P., Blake, M.J. F. and Edwards, R. S. 1969, Experimental studies of shift work III; Stabilized 12-hour shift systems, *Ergonomics*, 13, 856-882.
- Colquhoun, W. P. and Rutenfranz. J. (eds) 1980, *Studies of Shiftwork* (Taylor & Francis Limited, London).
- Davies, D. R. and Parasuraman, R. 1982, *The Psychology of Vigilance* (Academic Press, London).
- Dinges, D. F., Orne, M. T. and Orne, E. C. 1985, Assessing performance upon abrupt awakening from naps during quasi-continuous operations, *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*. 17, 37-45.
- Dinges, D. F., Whitehouse, W. G., Orne, E. C. and Orne, M. T. 1988, The benefits of a nap during prolonged work and wakefulness. *Work & Stress*, 2, 139-153.
- Drucker, E. H., Cannon, L.D. and Ware, J. R. 1969, The effects of sleep deprivation on performance over a 48-hour period. HumRRO Technical Report No. 69-8 (Human Resources Research Organization: Alexandria, VA).
- Dunnette, M. D. 1976, *Handbook of Industrial and Organizational Psychology* (Rand McNally (College Publishing Co, Chicago, IL).
- Ellingstad, V. S. and Heimstra, N. W. 1970, Performance changes during the sustained operation of a complex psychomotor task, *Ergonomics*, 13, 693-705.
- Englund, C. E. and Krueger, G. P. 1985, Methodological approaches to the study of sustained work/sustained operations: Introduction to a special section, *Behavior Research Methods, Instruments,*

- and Computers, 17, 3-5.
- Englund, C. E., Naitoh, P., Ryman, D. H. and Hodgdon, J. A. 1983, Moderate physical work effects on performance and mood during sustained operations (SUSOPS), NHRC Technical Report No. 83-6 (US Naval Health Research Center, San Diego, CA).
- Englund, C. E., Ryman, D. H., Naitoh, P., and Hodgdon, J. A. 1985, Cognitive performance during successive sustained physical work episodes, *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, 17, 75-85.
- Folkard, S. and Monk, T. H. 1979, Shiftwork and performance, *Human Factors*, 21, 483-492.
- Folkard, S. and Monk, T. H. (eds) 1985, *Hours of Work: Temporal Factors in Work-Scheduling* (John Wiley and Sons, New York).
- Grandjean, E. P. 1968, Fatigue: Its physiological and psychological significance, *Ergonomics*, 11, 427-436.
- Hartley, L. R. 1974, A comparison of continuous and distributed reduced sleep schedules, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 26, 8-14.
- Haslam, D. R. 1978, The effect of continuous operations upon the military performance of the infantryman (Exercise Early Call II), APRE Report 4/78 (Army Personnel Research Establishment, Farnborough, UK).
- Haslam, D. R. 1982, Sleep loss, recovery sleep and military performance, *Ergonomics*, 25, 163-178.
- Haslam, D. R. 1985 a, Sleep deprivation and naps, *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, 17, 46-54.
- Haslam, D. R. 1985 b, Sustained operations and military performance. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, 17, 90-95.
- Haslam, D. R. and Abraham, P. 1987, Sleep loss and military performance, In G. L. Belenky (ed.) *Contemporary Studies in Combat Psychiatry* (Greenwood Press, New York), Chapter 12, pp.167-184.
- Haslam, D. R., Allnutt, M. F., Worsley, D.E., Dunn, D., Abraham, P., Few, J., Labuc, S and Lawrence, D. J. 1977, The effect of continuous operations upon the military performance of the infantryman (Exercise Early Call), APRE Report 2/77 (Army Personnel Research Establishment, Farnborough, UK).
- Hockey, G. R. 1986, Changes in operator efficiency as a function of environmental stress, fatigue and circadian rhythms. In K. R. Boff, L. Kaufman and J. P. Thomas (eds) *Handbook of Perception and Human Performance*, Vol II: Cognitive Processes and performance (John Wiley and Sons, New York), pp. 441-449.
- Holding, D. H. 1974, Risk, effort and fatigue. In M. G. Wade and R. Martens (eds) *Psychology of Motor behavior and Sport* (Human Kinetics, Urbana, IL).
- Holloway, H. C. 1974, Epidemiology of heroin dependency among soldiers in Vietnam, *Military Medicine*, 139, 108-113.
- Janaro, R. E. and Bechtold, S.E. 1985, A study of the reduction of fatigue impact on productivity through optimal rest break scheduling, *Human Factors*, 27, 459-466.
- Johnson, L. C. 1982, Sleep deprivation and performance. In W. B. Webb (ed.) *Biological Rhythms, Sleep and Performance* (John Wiley and Sons, New York), pp. 111-141.

- Johnson, L. C. Naitoh, P., Moses, J. and Lubin, A. 1974, Interaction of REM deprivation and stage 4 deprivation with total sleep loss: Experiment 2, *Psychophysiology*, 11, 147–149.
- Johnson, L. C., Tepas, D. I., Colquhoun, W. P., and Collican, M. J. (eds) 1981, *The Twenty-four Hour Workday: Proceedings of Symposium on Variations, in Work-Sleep Schedule*, DHHS NIOSH Publication No. 81-127 (US Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH).
- Jones, F. D. 1985, Sanctioned use of drugs in combat. In P. Picht, P. Berner, R. Wolf and K. Thau (eds) *Psychiatry: The State of the Art. Vol. 6* (Plenum Press, New York), pp. 489-494.
- Kimball, K. A. and Anderson, D. B. 1975, Aviator performance: Biochemical, physiological and psychological assessment of pilots during extended helicopter flight. In H. S. Fuchs, G. Perdiel and A. Gubernale (eds) *The Role of the Clinical Laboratory in Aerospace Medicine*, Proceedings of the NATO Advisory Group for Aerospace R and D (AGARD) Aerospace Medical Panel Specialists Meeting at Ankara, Turkey, NATO/AGARD Report No. CP-180 (Technical Editing and Reproduction Ltd, London).
- Kleitman, N, 1939, *Sleep and Wakefulness* (University of Chicago Press, Chicago, IL).
- Kleitman, N, and Jackson, D. P. 1950, Body temperature under different routines, *America Journal of Applied Physiology*, 3, 309-328.
- Krueger, G. P., Armstrong, R. N, and Cisco, R. R. 1985a, Aviator performance in week-long extended flight operations in a helicopter simulator, *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, 17, 68-74.
- Krueger, G. P. and Barnes, S. M. 1989, Addendum for human performance in continuous/ sustained operations and the demands of extended work/rest schedules: An annotated bibliography. Volume II, USAARL Technical Report No. 89-xx (US Army Aeromedical Research Laboratory, Fort Rucker, AL).
- Krueger, G. P. Cardenas-Ortiz, L. and Loveless, C. A. 1985 b, Human performance in continuous/sustained operations and the demands of extended work/rest schedules: An annotated bibliography, WRAIR Technical Report No. BB-85-1 (Walter Reed Army Institute of Research, Washington, DC) (DTIC No. AD A155-619); and in *American Psychological Association's. Psychological Documents*, 15, p. 27, entry No. 2729.
- Krueger, G. P. and Englund, C. E. 1985, Methodological approaches to the study of sustained work/sustained operations: Introduction to 2nd special section, *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 17, 587-591.
- Lavie, P. 1982, Ultradian rhythms in human sleep and wakefulness. In W. B. Webb (ed.). *Biological Rhythms. Sleep and Performance* (John Wiley and Sons, New York), pp. 111-141.
- Lees, M. A., Stone, L. W., Jones, H. D., Kimball, K. A. and Anderson, D. B. 1979, The measurement of man-helicopter performance as a function of extended flight requirements and aviator fatigue, USAARL Technical Report No. 79-12 (US Army Aeromedical Research Laboratory, Fort Rucker, AL).
- Mackie, R. R. (ed.) 1977, *Vigilance: Theory, Operational Performance and Physiological Correlates* (Plenum Press, New York).
- Mackworth, N. H. 1957, Some factors affecting vigilance, *Advancement of Science*, 53, 389-393
- Martin, B. J., Bender, P. R. and Chen, H. 1986, Stress hormonal response to exercise after sleep loss,

- European Journal of Applied Physiology, 55, 210-214.
- McCormick, E. J. and Tiffin, J. 1974, Industrial Psychology (Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ).
- McMurray, R. G. and Brown, C. F. 1984, The effect of sleep loss on high intensity exercise and recovery, Aviation, Space and Environmental Medicine. 55, 1031-1035.
- Minors, D. S. and Waterhouse, J. M. 1985, Introduction to circadian rhythms: Chapter 1. In S. Folkard and T. H. Monk (eds) Hours of Work: Temporal Factors in Work-Scheduling John Wiley and Sons, New York).
- Monk, T. H. and Embrey, D. E. 1981, A field study of circadian rhythms in actual and interpolated task performance. In A. Reinberg, N. Vieux and P. Andlauer (eds) Night and Shift Work: Biological and Social Aspects (Pergamon) Press, (Oxford), pp. 473-480.
- Monk, T. H., Fookson, J. E., Kream, J., Moline, M. L., Poillak, C. P. and Weitzman, M. B. 1985, Circadian factors during sustained performance: Background and methodology. Behavior Research Methods, Instruments, and Computers, 17, 19-26.
- Monk, T. H., Weitzman, E. D., Fookson, J. E., Moline, M. L., Kronauer, R. E. and Gander, P. H. 1983, Task variables determine which biological clock controls circadian rhythms in human performance, Nature, 304, 543-545.
- Morgan, B. B., Brown, B. R. and Alluisi, E. A. 1974, Effects on sustained performance of 48 hours of continuous work and sleep loss, Human Factors, 16, 406-414.
- Mullaney, D. J., Fleck, P. A., Okudaira, N. and Kripke, D. F. 1985, An automated system for administering continuous workload and for measuring sustained continuous performance, Behavior Research Methods, Instruments, and Computers, 17, 16-18.
- Mullaney, D. J., Kripke, D. F., Fleck, P. A. and Johnson, L. C. 1983, Sleep loss and nap effects on sustained continuous performance, Psychophysiology, 20, 643-651.
- Naitoh, P. 1981 Circadian cycles and restorative power of naps. In L. C. Johnson, D. I. Tepas, W. P. Colquhoun and J. Colligan (eds) Biological Rhythms, Sleep and Shift Work (Spectrum, New York), pp. 553-580.
- Naitoh, P. and Angus, R. G. 1987, Napping and human functioning during prolonged work, NHRC Technical Report No. 87-21 (Naval Health Research Center, San Diego, CA). Also in D. F. Dinges and R. Broughton (eds) 1989, Napping Biological, Psychological and Medical Aspects (Raven Press, New York).
- Naitoh, P., Englund, C. E. and Ryman, D. H. 1982, Restorative power of naps in designing continuous work schedules, Journal of Human Ergology, 11, Suppl., 259-278.
- O'Donnell, V. M. 1986, Pharmacological optimization of performance: Sleep and arousal. In G. E. Lee (ed.) Proceedings of the Tenth Symposium: Psychology in the U.S. Department of Defense (US Air Force Academy, Colorado Springs, CO), pp. 81-85.
- O'Donnell, V. M., Balkin, T. J., Andrade, J. R., Simon, L. M., Kamimori, G. H., Redmond, D. P. and Belenky, G. 1988, Effects of triazolam on performance and sleep in a model of transient insomnia, Human Performance, 1, 345-160.

- O'Hanlon, J. F. 1981, Boredom: Practical consequences and a theory. *Acta Psychologica*, 49, 53-82.
- Patrick, G. T. and Gilbert, J. A. 1896, On the effects of sleep loss, *Psychological Review*, 3, 469-483.
- Salvendy, G. 1981, Classification and characteristics of paced work. In G. Salvendy and M. J. Smith *Machine Pacing and Occupational Stress* (Taylor & Francis, London).
- Salvendy, G. (ed.) 1982, *Handbook of Industrial Engineering* (John Wiley and Sons, New York).
- Salvendy, G. (ed.) 1987, *Handbook of Human Factors* (John Wiley and Sons, New York).
- Simonson, E. (ed.) 1971, *Physiology of Work Capacity and Fatigue* (Charles C. Thomas Publishers, Springfield, IL).
- Simonson, E. and Weiser, P. L. (eds) 1976, *Psychological Aspects and Physiological Correlates of Work and fatigue* (Charles C. Thomas Publishers, Springfield, IL).
- Spinweber, C. L. 1986, Sedating and nonsedating sleeping aids in air operations, NHRC Technical Report No. 86-18 (US Naval Health Research Center, San Diego, CA).
- Stepanski, E., Lamphere, J., Badia, P., Zorick, F. and Roth, T. 1984, Sleep fragmentation and daytime sleepiness, *Sleep*, 7, 18-26.
- Storm, W. and Parke, R. C. 1987, FB-111A aircrew use of temazepam during surge operations. In *Proceedings of the NATO Advisory Group for Aerospace Research and Development Aerospace Medical Panel Specialists' Meeting at Paris, France, March 1987*, NATO/AGARD Report No. CP-415, pp. 21-2 - 21-12 (Specialized Printing Services, Ltd, Loughton, UK).
- Stroh, C. M. 1971, *Vigilance: The Problem of Sustained Attention* (Pergamon Press, Oxford).
- Tepas, D. I. And Monk, T. H. 1987, Work schedules. In G. Salvendy (ed) *Handbook of Human Factors* (John Wiley and Sons, New York), Chapter 7.3, pp. 819-843.
- Tepas, D. I., Armstrong, D. R., Carlson, M. L., Duchon, J. C., Gersten, A. and Lezotte, D. V. 1985, Changing industry to continuous operations: Different strokes for different plants, *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, 17, 670-676.
- Thorne, D. R., Genser, S. G., Sing, H. C. and Hegge, F. W. 1983, Plumbing human performance limits during 72 hours of high task load. *Proceedings of the 24th Defence Research Group Seminar on the Human as a Limiting Element in Military Systems* (NATO Defence Research Group, Toronto, Canada).
- Trumbull, R. 1966, Diurnal cycles and work-rest scheduling in unusual environments, *Human factors*, 8, 385-398.
- Warm, J. S. (ed.) 1984, *Sustained Attention in Human Performance* (John Wiley and Sons, New York).
- Webb, W. B. 1968, *Sleep: An Experimental Approach* (The Macmillan Company, New York).
- Webb, W. B. (ed.) 1982, *Biological Rhythms, Sleep and Performance* (John Wiley and Sons, New York).
- Webb, W. B. 1985, Experiments on extended performance: Repetition, age and limited sleep periods, *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, 17, 27-36.
- Webb, W. B. and Levy, C. M. 1982, Age, sleep deprivation and performance, *Psychophysiology*, 19, 272-276.
- Webb, W. B. and Levy, C. M. 1984, Effects of spaced and repeated total sleep deprivation, *Ergonomics*, 27, 45-58.

Williams, H. L., Lubin, A., and Goodnow, J. J. 1959, Impaired performance with acute sleep loss, Psychological Monographs (No. 484), 73, 1-26.