

Romon,1992(62,88)(xxx)	73交替勤務者 73平常勤務者	5.50/5.54	HDL:1.21/1.26	1.26/1.03	アポA/アポB率 x x 1.21/1.32	S:135/134, D85.1/86.1	.
Lasfargues,1996(58)(xx)	1200交替勤務者 1200平常勤務者	男性:5.81/5.91, 女性:5.24/5.32	.	男性:1.65/1.33 女性:0.9/0.8	.	男性:132/133,83/83; 女性:S:120/120,D:78/78	白血球 男性:7.8/6.8 女性:7.6/6.6
Netterstrom,1996(85)(x)	68交替勤務者 1079平常勤務者	0	.	.	.	0	.
Nakamura,1997(64)(xxx)	33交替勤務者 239平常勤務者	5.70/4.98	.	1.70/1.58	.	S:127.5/29.4, D:76.7/75.5	フィブリノーゲン: 2.88/2.66
Boggild,1998(22)(xx)	1123交替勤務者 4084平常勤務者	.	.	.	.	S:136/135, D:83/83	.
Nakamura,1997(64)(xxx)	33交替勤務者 239平常勤務者	0.96/1.02	.	.	.	.	.
Boggild,1998(22)(xx)	1123交替勤務者 4084平常勤務者	.	.	.	.	.	.
症例対照研究とコホート研究							
Theorell,1976,(68)(xxx)	33交替勤務者 交替/平常勤務	0.96/1.02	.	.	.	.	総脂質:0.96/1.03
Peacock,1983(91)(xxx)	75交替勤務者	.	.	.	.	S:0,D:-	.
Orth-Gomer,1983(65)(xxx) (from figure)	46交替勤務者 時計回り/反時計回 りローテーション	-4/-6b	.	-4/15b	.	S:111.6/115.6, D:75.2/75.8	.
Freden,1984(86)(x)	18交替勤務者	0	HDL:0	0	.	.	.
Sundberg,1987(93)(xxx)	7交替勤務者	.	.	.	.	24h:0(*)	.
Chau,1989(94)(xxx)	15交替勤務者	.	.	.	.	24h:+(*)	.
Baumgart,1989(95)(xx)	17交替勤務者	.	.	.	.	24h:0	.
Peternel,1990(89)(xxx)	10交替勤務者 10平常勤務者	.	.	.	.	.	t-PAT: + (*)
Knutsson,1990(66)(xx)	12交替勤務者 13平常勤務者	5.0/4.0	.	1.0/1.0	アポB:0.84/1.03	S:132/124, D:71/68	.
Lennernas,1994(31)(xxx)	22交替勤務者	+	比:+	.	.	.	.
Kecklund,1994(87)(xxx)	66交替勤務者 15平常勤務者 (前-後)	5.4-5.4/ 5.4-5.5	比:3.1-2.7/3.2-3.4	1.2-1.2/1.3-1.4	.	S:132/127, D:84/81	.

a 研究全体の質はKristensenに基づく: (程度 x から x x x x x x x x まで)

b 変化率

一般的な方法論的問題

研究は、非常に異なった方法論的アプローチを使っている。研究デザインが多様であるにも関わらず、いくつかの問題は、すべての研究に関係している。ある問題の一つは、ばく露との関連である。交替勤務の一般に広く受け入れられている定義というものが無い。交替勤務は少なくとも三つの異なった様相を含んでいる。すなわち、交替勤務のタイプ（ローテーション性あるいは固定性か、夜勤を含むのか除外するのか、連続的なか非連続的なか、週末を含むのか、含まないのか）、スケジュール〔交替勤務のスケジュールについて、連続した夜勤の数、時計回りのローテーションか反時計周りのローテーションか、あるいはその他人間工学的な基準⁹⁷⁾、そして夜勤と準夜勤の量（1カ月の夜勤の数）。いくつかの研究だけが、詳細に仕事のスケジュールについて記載している、あるいは、ばく露の量、たとえば交替勤務の年数についての情報を含んでいる。アメリカでは伝統的に、交替勤務の問題は、仕事のローテーションと関連している。一方ヨーロッパでは、夜勤それ自体にも関連している^{98,99)}。結論としては、2つのアメリカの研究と一つのヨーロッパの研究^{17,48,92)}は、準拠集団に、固定した夜勤を含んでいた。

交替勤務者としてラベルされるのに必要な生活時間のばく露は、一般的な自己報告としての交替勤務から、同じ工場に交替勤務者として10年以上務めている状態まで幅がある²¹⁾。研究の副サンプルにおいて、ばく露は、ある職業に付随してしばしば、より小さなサンプルのインタビューを元にして^{14,16,25,100)}。このアプローチは、ばく露の誤分類につながるかもしれない。なぜなら、ばく露された職業の労働者の多くが、実際交替勤務者では無いことや、その結果、より低いリスク評価になってしまうことが予想されるからである。このような予想通りにはない。それらの研究が個人レベルでのばく露分類を伴った研究よりも、高いリスク評価を示している傾向にあるのである。

いくつかの研究は、交替勤務が労働環境で行われる、しばしば、1カ月に7-8回になるとしているが、一方では、1カ月に3回の交替勤務（準夜勤あるいは夜勤）がカットオフポイントであるとしている¹⁷⁾。その結果、ばく露は、一般的には比較できない、そしていくつかの研究では、ばく露はとても弱いと考えられる。さらには、平常勤務者の中には、以前夜勤者だった人もいるかもしれない。そのような場合には、平常勤務者と交替勤務者との間のばく露の対比というのは、とても小さくなる¹⁹⁾。

他の問題として、アウトカムの定義が挙げられる。疫学研究では、心血管疾患の異なった定義やより狭い範囲の言葉の使い方での虚血性心疾患を使ってきたことがある。また、研究の一つでは、低血圧や静脈瘤もまた含めるとしているものもある²⁶⁾。ある研究では、死亡率の数字を心筋梗塞のみで扱っている場合もあるし、一方他の研究では、狭心症や心筋梗塞の罹患率も含めている場合もある。研究の中には、病院の退院登録を使っている場合もあるし、一方他の研究では、診断を確立するために、ブラインドで記録を検証しているところもある。厳しい定義をしているところは非常にまれな報告¹⁰¹⁾しかなく、突然死が、いつも心血管疾患に含まれているわけではない。

印象では、より新しい研究は、診断基準により厳格な基準をもっているということである。ほとんどすべての研究は、情報を罹患率と死亡率に結びつけている。二つの研究^{19,21)}は、死亡率の数字だけを使っている。二つとも交替勤務と心血管疾患との関連は指摘していない。心筋梗塞患

者の70%は生存し、生存者と死亡者との間の病因と個人的な要因は、共に違っているかもしれないから、今後の研究においては、これらの要素について区別を試みるのが教訓として言えることである。

多くの生化学的な要素は、概日リズムに左右されやすいが、それらの中で、いくつかのバイオマーカーが議論された。平常勤務の健康な人における研究では、概日リズムは、中性脂肪の39%の日内変動に貢献しており、総コレステロール、LDLコレステロールとHDLコレステロールの値は30-34%の日内変動があり、アポリポ蛋白の11%の日内変動がある¹⁰²。結果血液をサンプリングするタイミングが、日勤者と夜勤者あるいはスケジュールが異なるフェーズの夜勤者の間で値を比較する上でも重要になってくる。もし、血液サンプルが、日勤の後に直ぐに採血したのなら、交替勤務の影響ではなくて、測定がバイオマーカーの概日リズムの異なったフェーズで実施されたからという理由で、値は上昇するかもしれない。

バイオマーカーを報告した研究の多くが、夜勤と血液のサンプリングとの間の時間について、明確には述べていない。

我々は、疫学研究のアウトカムに関するいくつかの重要点について評価を試みている。この評価は、交替勤務の量に従って、次に、我々は診断の実体によって研究をランク付けした。方法論的に最もふさわしい研究(表1のラベルxxxとラベルxxxx)、これらはおよそ1.4のリスク評価と狭い信頼区間を示しているが、これらの例外を除いて、ランキングのいずれもリスク評価において特定なパターンを明らかにしていない。

4つ目の問題点は、比較群の選択に関することである。この群が適切であるということは、最も重要なことであり、理想的な群が、すべてにおいて(少なくとも心血管疾患のリスク因子を考える上で)交替勤務者になるべきである。研究の大部分において、対照群が「交替勤務者は、どのような人なのか、彼らは、夜間に働いていなくてもいいのか」といった本当に比較できる群ではないということがある。

多くの研究では、適切な対照群を見つけることに問題を含んでおり、なぜなら、交替勤務はしばしばある会社である役割のために使われるからである。交替勤務が、明らかに社会経済的な状態と関係しており、あまり訓練されていない労働者や、低い市民使用人の間では、より多く広まっているからである^{7,103}。心血管疾患が社会経済的な状態と関連していると知られている¹⁰⁴し、その結果、社会経済的な状態が潜在的に交絡因子となり、特に対照として一般人の研究をした場合に起こりうる。平常勤務の対照群では、あまり訓練されていない交替勤務者とは対照的に訓練されている労働者であるかもしれない。その結果、比較が、異なった社会経済的、異なった文化のバックグラウンド、異なった生活スタイルの群の間でなされることになる。心血管疾患が社会経済学的な群でより広く広まっているから、より高いリスク評価になってしまうかもしれない。社会階級で調整した疫学的研究はわずかであり、その中で二つの研究で、調整の効果が見られている。Tankanら¹⁸は、ブルーカラーの平常および交替勤務者を分析して、相対危険度を出した。また、Boggildら²²は、一つの社会階級に絞って社会階級を調整してみた。その結果、危険度は、それまでの値よりも低くなった。McNameeの研究¹⁹では、最初の仕事の状態を調整している。Kawachi¹⁷は、看護師だけを対象とした研究をして、配偶者の教育暦を調整した。Knutssonら¹⁵は、教育レベルを調整した。ほとんどの研究では、リスク因子を含め、社会的因子の違いを調

整しておらず、結果に混乱を招いている。対照的に、交替勤務者は、しばしば平常勤務者よりたくさん稼ぎ、副業をもっている。

交替勤務の仕事を選ぶ人は、自分の意思で選択し、睡眠習慣や睡眠に柔軟性がない点で平常勤務との違いがあることが知られている。ある研究⁶²では、交替勤務者が性格気質（タイプA）という心血管疾患に結び付き易い性格をしているという点で平常勤務者と違うかどうか調べた¹⁰⁵。この点では、事実は判明しなかった。

年齢は心血管疾患の主な危険因子である。概して同じ工場で働く平常勤務者と比較して若い傾向にあるとされている。多くの場合、平常勤務では、交替勤務を何年かやっている人の「褒美」になっている。多くの統計学的な研究では、年齢を調整していたが、3つの古い研究^{61,106,107}では、年齢調整していなかった。また、この省略は、この3つの研究が陰性の結果であると説明できるのかもしれない。

仕事の状態は、心血管疾患の危険因子の点からも、交替勤務者と平常勤務者での違いがあるかもしれない（例えば、心毒性のある化学物質、環境からの喫煙、単調な動かない作業）。その結果、心血管疾患の交絡因子となるかもしれない。わずかな研究のみが、仕事の状態について詳細に報告しているにすぎない。この交絡因子の方向性は、予測不可能であるが、リスクを過大評価する傾向にあるだろう。ある研究では、平常勤務者と交替勤務者の間には、受動喫煙のばく露には違いがないことが示されている⁵⁹。

日勤と夜勤は、例えば、仕事の負荷の大きさにおいて違いがある。Helsinki Heart Study¹⁸では間接的にその重要性を評価している。それによると、仕事の裁量権の大きさと心理的要求度についての問診結果を報告している。平常勤務と3交替性勤務の労働者とをこの点で比較した場合、工場や機械の操作を担当している労働に従事する交替勤務者は、平常勤務者と同じように仕事を要求されるが、裁量権は低い。他の研究¹⁵では、交替勤務者は、平常勤務者よりも負荷が大きいことを報告されている。しか違いの調整は、リスク評価を変化させなかった。また運転手、工場労働、警察、料理人など約1000人のスウェーデン人を対象とした研究では、平常勤務の女性は、交替勤務の女性よりも高い仕事の負荷を経験しているとしている。一方、男性では違いはないとしている¹⁰⁸。

最も挙げられる交替勤務の研究での方法論上の問題点の一つは、交替勤務に入るときと外れる時の選択過程の問題である¹¹。第一に交替勤務に入る場合は、応募する場合と会社の意向の両方によって決まる。作業時間に適応する能力を自己評価した点に基づいて、交替勤務に自分から応募する人は、交替勤務にあてがわれた人とは違うかもしれない。会社は、採用前試験の結果に基づいて応募者を選ぶため、それが平常勤務者と交替勤務者の違いに反映されるかもしれない。この第一の選択については、コントロールすることができず、しかしその結果真のリスクを過小評価してしまう可能性がある。

第二の選択が起きる時は、交替勤務者が交替勤務から外れるときである。ある例の場合、異動は組織変更によって強制的に起きることもある。また、医学的あるいは社会的な理由から起きる場合もある。例えば、ストレスが原因で、あるいは睡眠障害の問題などである。これら選択過程は、おそらく心血管疾患と関連している主な重要点であり、以前交替勤務に従事していた労働者のリスクから見られるような、それは、しばしば現役で交替勤務についている労働者のリスクに

比べて高いこともある。^{21,109}Taylor と Pocock は、彼らのコホート研究²¹の中で、標準化罹患率が160（95%信頼区間が121.5–210.4）（我々によって再解析している）であると報告している。研究の一つは、医学的な理由で平常勤務に異動となった従業員の心血管疾患に関する病気欠勤は、交替勤務者よりもはるかに多く、一方組織変更によって異動になった場合は、病気欠勤の発生が平常勤務者と同様であったとしている¹¹⁰。このことは、心血管疾患のリスクを持った人がなにかで警告を鳴らし、原因メカニズムが他の疾患の危険因子や健康と相互に影響し合い、選択につながったことを示唆している。

最も集めにくいコホート研究^{17,18,21,22}は、40歳台の対象者を含んでいるため、多くの例の場合、研究の対象に含まれる前に、仕事生活の半分が既に過ぎてしまっているかもしれない。そしてこの選択の過程が、結果に影響を及ぼしている可能性がある。仕事が換わる可能性が違うという点は、結果の違いを部分的には説明できるかもしれない。

ばく露が比較的厳しいため、情報のバイアスはあまり重要ではない。Knutsson は、彼の論文³⁰の中で、自己申告による交替勤務と一般的な個人記録との間での二重チェックが、両者での良い同意を示していると報告した。多くの研究において、ばく露がある時の一点の状態を測定しているのも、もし交替勤務の年数がばく露変数として使われるのであれば、その問題は扱われる必要がある。

研究を見直した場合、多くの研究で、いろいろな要因を調整している。実際には、交絡因子ではなく、そのかわり、交替勤務と心血管疾患の原因に関する一連の流れに関わる因子である。これは、隠された真の違いにつながるかもしれない可能性を秘めている。

考察

日中の勤務時間に、外部で働く人において心血管疾患のリスクがどうであるか、扱った論文は、17あることが判っている。4つの大規模研究は、関係性について報告していない。それらの研究には方法論上の問題点はあるが、全体的な質は、大多数の論文よりも劣ってはいない。しかし、平均的には、最も確信の持てる研究⁸は、量–反応関係に言及しており、交替勤務が心血管疾患と関連しており、交替勤務が男性と女性共に40%程度リスクを増すことを示している。結果が明らかに不均質なものは、異なった設定や仕事で表現できる位に異なっているからである。その結果、交替勤務と心疾患の関係を検証する疫学研究が未だに必要となっており、しかし、その調査はもっと注意深くデザインしなければならないのである。

交替勤務と心血管疾患の関係づける原因は、部分的には取扱われてきた。交替勤務者における心血管疾患に至る3つの主な経路があるが、その中の一つの経路だけが、細部にわたって明らかにされている。文献では、生活習慣の変化に焦点を当てており、その中で、喫煙と食事の違いは、重要だとされている。一方、アルコールと運動習慣はそうではない。生活習慣は、アルコール、食事、運動についての矛盾した結果に関する理由の一つは、それら生活習慣要因が文化依存的であり、異なった生活習慣の変化を持った異なった国での交替勤務者に関連しているからである。

他の経路すなわち概日リズムにおける変化と社会的な混乱であるが、これらはごく僅かしか注目を集めていない。概日リズムの変化は、まばらに扱われてきた。概日リズムは、バイオマーカーの変化（コレステロールや中性脂肪が高くなる）を説明することができる。しかし、例えば、

線溶系活性の変化パターンの個別重要性を除くことはできない。社会的なサポート、ストレス、睡眠に関する問題は、それらが交替勤務と心血管疾患の確立した危険因子に共に共通した影響であるにも関わらず今まで全く研究されていない。更なる研究が、この分野に向けられるべきであろう。

バイオマーカーについては、交感神経と副交感神経の活性をみる指標として、血圧に焦点が当てられている。24時間血圧測定では、平均で見た場合、夜勤勤務者の血圧が少し高いかもしれない。しかし、高血圧に達する程高いわけではない。また、相対危険度が1.4ということの説明するほど、高いわけではない。

コレステロールと中性脂肪については、かなり多くの場面で研究がなされて来た。方法論的に最も確信が持てる研究では、交替勤務者は、少し高い値になることが報告されている。

方法論的な問題は、大多数の研究と関連している。一番心配なことは社会階級や異なった仕事区分、不明瞭かつ不適切なばく露指標、そして特に初期の研究では、疾病で定義された結果指標によって対照群を比較出来ないということである。

一つの決定的な方法論的な試みは、適切な対照群を見つけることである。多くの努力がそれらの群を選択することに費やされるべきである。最も高いレベルで比較可能性が維持されるべきである。もし、平常勤務者が使われるならば、少なくとも社会階級（教育レベル、収入、名声）、個人的な因子（敵意）、そして職場環境の違いについて調整する必要があるように思われる。その他の解決方法としては、交替勤務の使用を中止してきた工場を含めることや対照群として以前交替勤務についていた労働者をフォローするとよいかもしれない。なぜなら、以前の交替勤務者は、個人的にそして社会階級に関して、現在の交替勤務者にもっと酷似しているからである。選択については説明がなされるべきである。

理想的には、研究は心血管疾患の危険因子の知識を組み入れるべきであり、その関係の間に入る不可欠な要因に関する情報をコントロールすべきではない。第一の危険因子は、交絡因子としてしばしば扱われるが、例えば、タバコの消費量など、交替勤務によって増えるということも、間に入る要因として扱われるべきであるし、原因を作るものの一部として扱われるべきである。

ばく露は固定した夜勤を含めるように拡大するべきである。3つの研究^{14,15,20}で固定した夜勤について解析がなされている。二つの研究が、夜勤が固定されることは、ローテーション勤務と同じリスクになることを示唆している。異なった交替勤務のスケジュールにおいて、どのタイプの交替勤務が最も小さいリスクを与えるか明らかにするために、区別されるべきである。加えて交替勤務における夜勤の量や週末を含むか除くかについて見ておくべきである。この変化が、心血管疾患のバイオマーカーを低減させることと、長い間に心血管疾患のリスクを落とすことにつながるかどうかということを調べるため、交替勤務の負荷を低減する試みで交替勤務のスケジュールを人間工学的にデザインすることが、どれほどインパクトがあるものなのかという研究⁹⁷は、特別興味があることである。心血管疾患の危険因子についての調査結果^{65,87}は、スケジュールリングが危険因子の低減につながる一つの方法であるかもしれないということを示唆している。これは、一次予防目的に不可欠な知識であり、拡大する必要がある。

昔からある3交替勤務のスケジュールは、徐々に固定した勤務時間のアレンジに置き換えられてきている。その中で、従業員は、もっと不規則な、あるいは交替システム、あるいはより長い

勤務時間の中で働くことを期待されている。従業員に与えられたコントロールの程度次第では、不規則な勤務は、更なる負荷を交替勤務者の社会生活に与えるかもしれないため、これらの分野をカバーする研究を広げていくことは価値がある。

交替勤務者の危険因子に関するこれからの臨床疫学的な研究は、動脈硬化や凝固系のマーカーを含んでいるべきである。そして、そのバイオマーカーの概日リズムに対して注意が払われるべきである。血液のサンプリングは、一日に何度か、概日リズムを確立するためになされるか、あるいは、なぜなら数値が本当の違いに代わって、異なった時間枠を反映するかもしれないからである。交替勤務のスケジュールを変えたり、その過程において、従業員をフォローするような介入研究は、試みられるべきである。

「交替勤務の影響は急性に起こるのか慢性起こるのか」と「その影響は、偶然に起こるのか。あるいは生物学的な違い、社会生活環境、あるいは他の危険因子のパターンをベースにして、個人のレベルにおいて、人は影響を受けやすいのか。」という予防に関する二つの重要な問いについて、まだ回答が出ていない。一番目の問いと関連して、心筋梗塞のパターンは、酸素の需要と供給のミスマッチがあって、夜勤は急性の影響につながるのであるということを示唆している。この場合、長い間の臨床的な影響を研究するのは適当ではない。なぜなら、明白な心血管疾患を持っているあるいは持っていない人についての研究において、夜勤での変化が、ラボデータ上心血管システムに与える影響に対して、むしろ焦点が置かれるべきである。二つ目の問いについては、危険因子の相互作用に関する研究が、その答えが肯定的かもしれないことを示唆している。Helsinki Heart Study¹¹¹ と Swedish SHEEP study では共に、交替勤務、BMI、運動量、喫煙の間に強い相互作用があると報告している。ある人達は大きなリスクを呈するかもしれないし、一方では影響をうけていない人もいる。このような個人の感受性の問題も、更に脚光を浴びる必要があるだろう。

交替勤務と心血管疾患の研究のゴールは、最終的には病気を予防する力を持つようになることである。単独のメカニズムが働いているのではない。交替勤務者は、おそらく健康的な生活習慣、特に喫煙に関して、アドバイスを受けるべきであり、また、夜勤の時も規則的に食事をすべきである。しかし、そのように勧めることは、問題の一部と関連しているだけであり、他の二つの原因メカニズムについては、扱われていないのである¹¹²。わずかな研究ではあるが、交替勤務の組織が重要であると報告している。それは、交替勤務のローテーションが、時計回りか、反時計回りか⁶⁵ということ、あるいは、わずかな、あるいは多くの夜勤⁸⁷が、喫煙や食事とは無関係に、心血管疾患のバイオマーカーを説明する価値があるということである。仕事上の組織変化が、暴露を除外するのを助けることに密接に関係しているため、このような考えが及ぼす影響は、潜在的に非常に意義がある。

謝辞

この仕事は、デンマークの心臓財団とデンマークの労働環境財団からの助成金から一部を補助していただいた。

参考文献

- 1 Beaglehole R. International trends in coronary heart disease mortality, morbidity, and risk factors. *Epidemiol Rev* 1990;12:1-15.
- 2 Kristensen TS. Cardiovascular diseases and the work environment: a critical review of the epidemiologic literature on nonchemical factors. *Scand J Work Environ Health* 1989;15: 165-79.
- 3 Kristensen TS. Cardiovascular diseases and the work environment: a critical review of the epidemiologic literature on chemical factors. *Scand J Work Environ Health* 1989; 15:245-64.
- 4 Rose G. Sick individuals and sick populations. *Int J Epidemiol* 1985;14:32-8.
- 5 Olsen O, Kristensen TS. Impact of work environment on cardiovascular diseases in Denmark. *J Epidemiol Community Health* 1991 ;45:4-10.
- 6 Wedderburn A. Statistics and news: BEST 6. Luxemburg: European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, 1993.
- 7 US Congress Office of Technology Assessment. Biological rhythms implications for the worker. Washington DC: US Government printing office, 1991. OTA-BA-463.
- 8 Knutsson A, Åkerstedt T, Jonsson BG, Orth-Gomér K. Increased risk of ischaemic heart disease in shift workers. *Lancet* 1986;2(8498):89-92.
- 9 Kristensen TS. Cardiovascular diseases and the work environment. In: Cheremisinoff PN, editor. *Encyclopedia of environmental control technology*. 7th ed. Houston (TX): Gulf Publishing Company, 1994:217-43.
- 10 Åkerstedt T, Knutsson A, Alfredsson L, Theorell T. Shift work and cardiovascular disease. *Scand J Work Environ Health* 1984; 10:409-14.
- 11 Orth-Gomér K. Cardiovascular disease - factors of importance in shift workers. Stockholm: Arbetarskyddsverket, 1985:57-63. *Arbete och hälsa* 1985:27.
- 12 Wagner U. Schichtarbeit und ischämische herzkrankeheit [Shift work and ischemic heart disease]. *Z Arztl Fortbild (Jena)* 1989;83:229-33.
- 13 Aanonsen A. Shift work and health. Copenhagen: Scandinavian University Books, Munksgaard, 1964.
- 14 Tüchsen F. Working hours and ischaemic heart diseases in Danish men; a 4-year cohort study of hospitalization. *Int J Epidemiol* 1993;22:215-21.
- 15 Knutsson A, Hallqvist J, Reuterwall C, Theorell T, Åkerstedt T. Shift work and myocardial infarction: a case-control study. *Occup Environ Med*. In press.
- 16 Åkerstedt T, Alfredsson L, Theorell T. Arbetstid och sjukdom — en studie med aggregerade data [Work hours and disease — an analysis with aggregated data]. Stockholm: Statens Institut för Psykosocial Miljömedicin, 1987. Stressforskningsrapport, no 190.
- 17 Kawachi I, Colditz GA, Stampfer MJ, Willett WC, Manson JE, Speizer FE, et al.

- Prospective study of shift work and risk of coronary heart disease in women. *Circulation* 1995;92:3178-82.
- 18 Tenkanen L, Sjöblom T, Kalimo R, Alikoski T, Härmä M. Shift work, occupation and coronary heart disease over 6 years of follow up in the Helsinki Heart Study. *Scand J Work Environ Health* 1997;23:257-65.
 - 19 McNamee R, Binks K, Jones S, Faulkner D, Slovak A, Cherry NM. Shift work and mortality from ischaemic heart disease. *Occup Environ Med* 1996;53:367-73.
 - 20 Steenland K, Fine L. Shift work, shift change, and risk of death from heart disease at work. *Am J Ind Med* 1996;29:278-81.
 - 21 Taylor PJ, Pocock SJ. Mortality of shift and day workers 1956-68. *Br J Ind Med* 1972;29:201-7.
 - 22 Bøggild H, Suadicani P, Hein HO, Gyntelberg F. Shift work and ischaemic heart disease – 22 year follow up in a cohort of middle-aged and elderly men [abstract]. In: *Occupational Health & Rehabilitation Institute. The second international conference on work environment and cardiovascular diseases, Tel-Aviv, Israel, March 22-25 1998. Ra'anana (Israel): Occupational Health & Rehabilitation Institute, 1998 : 12.*
 - 23 Khaw KT, Barrett-Connor E. Sex differences, hormones, and coronary heart disease. In: Marmot M, Elliott P, editors. *Coronary heart disease epidemiology: from aetiology to public health*. Oxford: Oxford University Press, 1992: 274-86.
 - 24 Reinberg AE, Smolensky MH. Night and shift work and transmeridian and space flights. In: Touitou Y, Haus E, editors. *Biologic rhythm in clinical and laboratory medicine*. Berlin: Springer Verlag, 1992: 243-55.
 - 25 Alfredsson L, Spetz C, Theorell T. Type of occupation and near-future hospitalization for myocardial infarction and some other diagnoses. *Int J Epidemiol* 1985; 14:378-88.
 - 26 Koller M. Health risks related to shift work. *Int Arch Occup Environ Health* 1983; 53:59-75.
 - 27 Epstein FH, Kannel B, Klimov N, Meade TW. Relation of risk factors to clinical events. In: Olsson AG, editor. *Atherosclerosis: biology and clinical science*. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1987:381-8.
 - 28 Hopkins PN, Williams RR. A survey of 246 suggested coronary risk factors. *Atherosclerosis* 1981;40:1-52.
 - 29 WHO scientific group on cardiovascular disease risk factors. *Cardiovascular disease risk factors: new areas for research*. Geneva: World Health Organization (WHO), 1994.
 - 30 Knutsson A. Shift work and coronary heart disease. *Scand J Soc Med Suppl* 1989;44:1-36.
 - 31 Lennernäs M, Åkerstedt T, Hambræus L. Nocturnal eating and serum cholesterol of three-shift workers. *Scand J Work Environ Health* 1994;20:401-6.
 - 32 Willich SN, Lowel H, Lewis M, Hormann A, Arntz HR, Keil U. Weekly variation of acute myocardial infarction. Increased Monday risk in the working population. *Circulation*

- 1994;90: 87-93.
- 33 Muller JE, Stone PH, Turi ZG, Rutherford JD, Czeisler CA, Parker C, et al. Circadian variation in the frequency of onset of acute myocardial infarction. *N Engl J Med* 1985;313:1315-22.
 - 34 Härenstam A, Theorell T, Orth-Gomér K, Palm U-B, Uden AL. Shift work, decision latitude and ventricular ectopic activity: a study of 24-hour electrocardiograms in Swedish prison personnel. *Work Stress* 1987; 1:341-50.
 - 35 Åkerstedt T. Sleepiness as a consequence of shift work. *Sleep* 1988;11:17-34.
 - 36 National Heart Lung and Blood Institute Working Group on Sleep Apnea. Sleep apnea: is your patient at risk? *Am Fam Physician* 1996;53:247-53.
 - 37 Appels A, Mulder P. Fatigue and heart disease. The association between "vital exhaustion" and past, present and future coronary heart disease. *J Psychosom Res* 1989;33:727-38.
 - 38 Appels A, Falger PR, Schouten EG. Vital exhaustion as risk indicator for myocardial infarction in women. *J Psychosom Res* 1993;37:881-90.
 - 39 Rosch PJ. Stress and sleep: some startling and sobering statistics [editorial]. *Stress Med* 1996; 12:207-10.
 - 40 Orth-Gomér K. International epidemiological evidence for a relationship between social support and cardiovascular disease. In: Shumaker SA, Czajkowski SM, editors. *Social support and cardiovascular disease*. New York (NY): Plenum Press, 1994:97-117.
 - 41 Lazarus RS, Folkman S. *Stress, appraisal, and coping*. New York (NY): Springer Publishing Company, 1984.
 - 42 Brindley DN, McCann BS, Niaura R, Stoney CM, Suarez EC. Stress and lipoprotein metabolism: modulators and mechanisms. *Metabolism* 1993;42 suppl1 :3-15.
 - 43 Theorell T, Karasek R. Current issues relating to psychosocial job strain and cardiovascular disease research. *J Occup Health Psychol* 1996;1:9-26.
 - 44 Siegrist J. Adverse health effects of high-effort/low-reward conditions. *J Occup Health Psychol* 1996;1:27-41.
 - 45 Barton J, Folkard S. The response of day and night nurses to their work schedules. *J Occup Psychol* 1991 ;64:207-18.
 - 46 Monk TH. Coping with the stress of shift work. *Work Stress* 1988;2:169-72.
 - 47 Frese M, Semmer N. Shiftwork, stress, and psychosomatic complaints: a comparison between workers in different shiftwork schedules, non-shiftworkers, and former shiftworkers. *Ergonomics* 1986;29:99-114.
 - 48 Gordon NP, Cleary PD, Parker CE, Czeisler CA. The prevalence and health impact of shiftwork. *Am J Public Health* 1986;76:1225-8.
 - 49 Borjanovic S. The influence of shift work on variability of physiological functions. Stockholm, Arbetarskyddsverket, 1985. *Arbete och hälsa* 27:1985.

- 50 Scott AJ, Ladou J. Shiftwork: effects on sleep and health with recommendations for medical surveillance and screening. In: Scott AJ, editor. Shiftwork. Philadelphia (PA): Hanky & Belfus Inc, 1990:273-99. Occupational medicine: state of the art reviews, vol 5.
- 51 Singer B, Terborg J, Mayer S. Attitudinal, circadian, circumstantial, and subject selection explanations of shiftwork effects on health. *J Occup Med* 1994;36:66-9.
- 52 Ely D. Organization of cardiovascular and neurohumoral responses to stress: implications for health and disease. *Ann NY Acad Sci* 1995;771:594-608.
- 53 Cesana G, Panza G, Ferrario M, Zanettini R, Arnoldi M, Grieco A. Can glycosylated hemoglobin be a job stress parameter? *J Occup Med* 1985;27:357-60.
- 54 Thelle DS, Forde OH, Try K, Lehmann EH. The Tromso heart study. *Acta Med Scand* 1976;200: 107-18.
- 55 Knutsson A, Åkerstedt T, Jonsson BG. Prevalence of risk factors for coronary artery disease among day and shift workers. *Scand J Work Environ Health* 1988;14:317-21.
- 56 Knutsson A. Relationships between serum triglycerides and g-glutamyltransferase among shift and day workers. *J Int Med* 1989;226:337-9.
- 57 Cesana G, Finotte S, De Vito G. CHD risk factors prevalence in middle aged shift workers. In: Costa G, Cesana G, Kogi K, Wedderburn A, editors. Shiftwork: health, sleep and performance. Frankfurt am Main: Peter Lang, 1990:362.
- 58 Lasfargues G, Vol S, Cacès E, Clésiau HL, Lecomte P, Tichet J. Relation among night work, dietary habits, biological measures, and health status. *Int J Behav Med* 1996;3: 123-34.
- 59 Knutsson A, Nilsson T. Tobacco use and exposure to environmental tobacco smoke in relation to certain work characteristics. *Scand J Soc Med* 1998;26:183-9.
- 60 Costa G, Betta A, Uber D, Alexopoulos C. Estimate of coronary risk in a group of Italian shiftworkers. In: Costa G, Cesana G, Kogi K, Wedderburn A, editors. Shiftwork: health, sleep and performance. Frankfurt am Main: Peter Lang, 1990:363-9.
- 61 Michel-Briand C, Chopard JL, Guiot A, Paulmier M, Studer G. The pathological consequences of shift work in retired workers. In: Reinberg A, Vieux N, Andlauer P, editors. Night and shift work: biological and social aspects. Oxford (UK): Pergamon Press, 1980:399-407.
- 62 De Backer G, Kornitzer M, Dramaix M, Peeters H, Kittel F. Irregular working hours and lipid levels in men. In: Schling G, Mori H, editors. Expanding horizons in atherosclerosis research. Berlin: Springer Verlag, 1987:217-24.
- 63 Romon M, Nuttens MC, Fievet C, Pot P, Bard JM, Furon D. Increased triglyceride levels in shift workers. *Am J Med* 1992;93:259-62.
- 64 Nakamura K, Shimai S, Kikuchi S, Tominaga K, Takahashi H, Takana M, et al. Shift work and risk factors for coronary heart disease in Japanese blue-collar workers: serum lipids and anthropometric characteristics. *Occup Med* 1997;47:142-6.

- 65 Orth-Gomér K. Intervention on coronary risk factors by adapting a shift work schedule to biologic rhythmicity. *Psychosom Med* 1983;45:407-15.
- 66 Knutsson A, Andersson H, Berglund U. Serum lipoproteins in day and shift workers: a prospective study. *Br J Ind Med* 1990;47:132-4.
- 67 Rimm EB, Klasky A, Grobbee D, Stampfer MJ. Review of moderate alcohol consumption and reduced risk of coronary heart disease: is the effect due to beer, wine, or spirits. *BMJ* 1996;312:731-6.
- 68 Theorell T, Åkerstedt T. Day and night work: changes in cholesterol, uric acid, glucose and potassium in serum and in circadian patterns of urinary catecholamine excretion. *Acta Med Scand* 1976;200:47-53.
- 69 Ulbricht TLV, Southgate DAT. Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet* 1991;338:985-92.
- 70 Lennernäs MA-C. Nutrition and shift work: the effect of work hours on dietary intake, meal patterns and nutritional status parameters [dissertation]. Uppsala: Acta Universitatis Upsaliensis, 1993.
- 71 Lennernäs AC, Andersson A, Hambræus L. Nutrient intake and dietary patterns among male shiftworkers in Sweden. In: Costa G, Cesana G, Kogi K, Wedderburn A, editors. *Shift work: health, sleep and performance*. Frankfurt am Main: Peter Lang, 1990:386-91.
- 72 Paffenbarger RS, Hyde RT, Wing AL, Lee IM, Jung DL, Kampert JB. The association of changes in physical activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. *N Engl J Med* 1993;328:538-45.
- 73 Jung RT. Obesity as a disease. *Br Med Bull* 1997;53:307-21.
- 74 Burseley RG. A cardiovascular study of shift workers with respect to coronary artery disease risk factor prevalence. *J Soc Occup Med* 1990;40:65-7.
- 75 Jespersen J, Munkvad S, Gram JB. The fibrinolysis and coagulation systems in ischaemic heart disease — risk markers and their relation to metabolic dysfunction of the arterial intima. *Dan Med Bull* 1993;40:495-502.
- 76 Hulka BS. Overview of biological markers. In: Hulka BS, Wilcosky TC, Griffith JD, editors. *Biological markers in epidemiology*. New York (NY): Oxford University Press, 1990:3-15.
- 77 Manson JE, Tosteson H, Satterfield S, Hebert P, O'Connor GT, Buring JE, et al. The primary prevention of myocardial infarction. *N Engl J Med* 1992;326: 1406-16.
- 78 Thelle DS. The relative importance of blood lipids and other atherosclerosis risk factors. *Eur Heart J* 1992;13:29-33.
- 79 Møller L, Kristensen TS. Plasma fibrinogen and ischemic heart disease risk factors. *Arterioscler Thrombz* 1991;11:344-50.
- 80 Meade TW, Ruddock V, Stirling Y, Chakrabarti R, Miller GJ. Fibrinolytic activity, clotting factors, and long-term incidence of ischaemic heart disease in the Northwick

- Park Heart Study. *Lancet* 1993;342: 076-9.
- 81 Segal A. Hypertriglyceridaemia and vascular risk—report of a meeting of physicians and scientists, University College London Medical School. *Lancet* 1993;342:781-7.
 - 82 Kelly S, Hertzman C, Daniels M. Searching for the biological pathways between stress and health. *Ann Rev Public Health* 1997;18:437-62.
 - 83 Netterstrøm B, Danborg L, Olesen H. Glycated hemoglobin (HbA1C) as a measure of job stress. *Behav Med* 1988;14: 13-6.
 - 84 Singer DE, Nathan DM, Anderson KM, Wilson PW, Evans JC. Association of HbA1c with prevalent cardiovascular disease in the original cohort of the Framingham Heart Study. *Diabetes* 1992;41:202-8.
 - 85 Netterstrøm B, Kristensen TS, Møller L, Jensen G, Schnohr P. Psykisk arbejdsmiljø og helbred [Psychosocial work environment and health]. København: Arbejdsmiljøfonden, 1996.
 - 86 Fréden K, Olsson IL, Orth-Gomér K, Åkerstedt T. Effekten på sömn, vagbesvär och kardiovaskulära riskfaktorer av övergang från moturs till medurs skiftrotation hos poliser [Effects on health and well-being of a change to clock-wise shift rotation in a group of policemen]. Stockholm: Statens Institut for Psykosocial Miljömedicin, 1984 Stressforskningsrapporter, no 175.
 - 87 Kecklund G, Åkerstedt T, Göranson B, Söderberg K. Omläggning av skiftschema: konsekvenser för välbefinnande, hälsa, sömn/vakenhet och arbetstrivsel: resultatrapport 2: frågeformulär, dagbok och hälsoundersökning [Changing shift schedule: effects on well-being, health, sleep/wake behaviour and work satisfaction: report of results 2: questionnaire, diary data and health examination]. Stockholm: Statens Institut for Psykosocial Miljömedicin, 1994. Stressforskningsrapporter, no242.
 - 88 Romon M, Grabaud MH, Nuttens MC, Fievet C, Bar JM, Pot Ph, et al. Plasma lipids and shift work. In: Costa G, Cesana G, Kogi K, editors. *Shiftwork: health, sleep and performance*. Frankfurt am Main: Peter Lang, 1990: 399-404.
 - 89 Peternel P, Stegnar M, Salobir U, Salobir B, Keber D, Vene N. Shift work and circadian rhythm of blood fibrinolytic parameters. *Fibrinolysis* 1990;4 suppl: 113-5.
 - 90 Lang T, Pariente P, Salem G, Tap D. Social, professional conditions and arterial hypertension: an epidemiological study in Dakar, Senegal. *J Hypertens* 1988;6:271-6.
 - 91 Peacock B, Glube R, Miller M, Clune P. Police officers' response to 8 and 12 hour shift schedules. *Ergonomics* 1983;26:479-93.
 - 92 Fouriaud C, Jacquinet-Salord MC, Degoulet P, Aimé F, Lang T, Laprunge J, et al. Influence of socioprofessional conditions on blood pressure levels and hypertension control. *Am J Epidemiol* 1984;120:72-86.
 - 93 Sundberg S, Kohvakka A, Gordin A. Rapid reversal of circadian blood pressure rhythm in shift workers. *J Hypertension* 1988;6:393-6.

- 94 Chau NP, Mallion JM, Gaudemaris Rd, Ruche E, Siche JP, Pelen O, et al. Twenty-four-hour ambulatory blood pressure in shift workers. *Circulation* 1989;80:341-7.
- 95 Baumgart P, Walger P, Fuchs G, Eiff MV, Vetter H, Rahn KH. Diurnal variations of blood pressure in shift workers during day and night shifts. *Int Arch Occup Environ Health* 1989;61:463-6.
- 96 Wagner U. Schichtarbeit und hypertonie [Shift work and hypertension]. *Z Arztl Fortbild (Jena)* 1991;84:191-3.
- 97 Knauth P. Designing better shift systems. *Appl Ergon* 1996;27:39-44.
- 98 Wilkinson RT. How fast should the night shift rotate? *Ergonomics* 1992;35:1425-46.
- 99 Wedderburn A. How fast should the night shift rotate? A rejoinder. *Ergonomics* 1992;35:1447-51.
- 100 Alfredsson L, Karasek R, Theorell T. Myocardial infarction risk and psychosocial work environment: an analysis of the male Swedish work force. *Soc Sci Med* 1982;16:463-7.
- 101 Fraser GE. Defining ischemic heart disease syndromes. In: Fraser GE, editor. *Preventive cardiology*. Oxford: Oxford University Press, 1986:23-7.
- 102 Rivera-Coll A, Fustes-Arderiu L, Diez-Noguera A. Circadian rhythmic variation in serum concentrations of clinically important lipids. *Clin Chem* 1994;40:1549-53.
- 103 Nord-Larsen M, Ørhede E, Nielsen J, Burr H. *Lønmodtagernes arbejdsmiljø 1990* [Work environment of employees, 1990]. København: Arbejdsmiljøfondet, 1992.
- 104 Syme SL. Social class and cardiovascular disease. In: OrthGomér K, Schneiderman N, editors. *Behavioral medicine approaches to cardiovascular disease prevention*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 1996:43-50.
- 105 Suls J, Wan CK. The relationship between trait hostility and cardiovascular reactivity: a quantitative review and analysis. *Psychophysiology* 1993 ;30:615-26.
- 106 Thiis-Evensen E. *Skiftarbeid og helse* [Shift-work and health]. Porsgrunn: Andreas Jakobsens boktrykkeri, 1949.
- 107 Angersbach D, Knauth P, Loskant H, Karvonen MJ, Undeutsch K, Rutenfranz J. A retrospective cohort study comparing complaints and diseases in day and shift workers. *Int Arch Occup Environ Health* 1980;45:127-40.
- 108 Knutsson A, Nilsson T. Job strain in shift and daytime workers. *Int J Occup Environ Health* 1997;3 suppl 2:s78-s81
- 109 Roller M, Kundi M, Cervinka R. Field studies of shift work at an Austrian oil refinery. I: health and psychosocial well-being of workers who drop out of shiftwork. *Ergonomics* 1978;21:835-47.
- 110 Thiis-Evensen E. *Skiftarbeid og helse — II* [Shift-work and health — II]. Porsgrunn: Norsk Hydro, 1956.
- 111 Tenkanen L, Sjöblom T, Härmä M. Joint effect of shift work and adverse life-style factors on the risk of coronary heart disease. *Scand J Work Environ Health* 1998;24:272-8.

112 Koller M. Occupational health services for shift and night workers. *Appl Ergon* 1996;27:31-7.

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、しばしば持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、進度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ない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、論理的推力力、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学的リズムの 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、個人個人を仕事に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。