軽運動が監視作業時の覚醒水準と疲労の 回復に及ぼす効果

中塚健太郎¹⁾・坂入洋右²⁾

Effects of Low Intensity Exercises on Recovery of Psycho-Physiological Readiness for Surveillance

Kentaro Nakatsuka¹ and Yosuke Sakairi²

Abstract

This study examined the effectiveness of resting techniques for maintaining the optimal condition for surveillance. Lifesavers (n=15) participated in a pilot study that investigated the psycho-physiological conditions for the best and the worst surveillance during lifesaving. Results indicated that psycho-physiological problems related to performance were sleepiness, and fatigue due to stiffness in the neck and the shoulders. Based on the results, three types of low intensity exercises: ball exercises, walking and static stretching were devised to recover arousal level and from fatigue. In an experiment devised to assess the effects of the exercises, participating lifesavers (n=13) performed a computer simulated surveillance task. The three types of exercises, or quiet sitting as the control condition, were practiced during a one-minute rest after the surveillance task. Then, the effects of these resting techniques on three dimensions of recovery; (a) recovery of arousal level, (b) recovery from fatigue and (c) maintenance of vigilance were respectively compared using the following indices: (1) Self-Rating Scale / Peripheral Skin Temperature / Two Dimensional Mood Scale, (2) Self-Rating Scale / Critical Fusion Frequency, (3) Grid Exercise.

Results indicated that ball exercises and walking as a ballistic exercise were effective for the recovery of arousal level. Moreover, ball exercises and static stretching to reduce stiffness were effective for recovery from fatigue. Furthermore, ball exercises were more effective than other techniques for maintaining vigilance. It is concluded that low intensity exercises with a ball is the most effective method of maintaining the vigilance and psycho-physiological readiness for surveillance.

Key words: self-control, exercise, arousal level, fatigue, vigilance, rest

1) 筑波大学大学院人間総合科学研究科博士課程

〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1

2) 筑波大学大学院人間総合科学研究科

〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1

連絡先：中塚健太郎

E-mail: nken09@ybb.ne.jp

1 Doctoral Program in Health and Sport Science, Graduate
School of Comprehensive Human Sciences, University of
Tsukuba

Tennoudai 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki 305-8574 JAPAN

2 Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University
of Tsukuba

Tennoudai 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki 305-8574 JAPAN

Corresponding author: Kentaro Nakatsuka

序

事故や災害によって失われる人命を最小限にとどめるため、様々な分野で不断の努力が続けられており、水難救助活動における監視もそのひとつといえる。警察庁(2008)によると、水難救助活動の舞台となる国内の海においては2007年度に876人もの死者・行方不明者がおり、災害事故としては火災について2番目に被害者が多いことが示されている。このような海で監視・救助を主な活動としているのがライフセーバーであり、事故を未然に防ぐことがライフセービングの目的といわれている。事故防止のためには、監視による事故の早期発見が重要であるが、重大な事故に至ったケースでは早期発見ができなかったという報告が約9割にものぼる(深山ほか, 1999)。その原因を分析する上で有効なモデルとしてSHELモデルがある(Hawkins, 1987)。このSHELモデルは、事故の原因となる監視体制などのソフト面(Software)や監視器材などのハード面(Hardware)、外的環境(Environment)、人(Liveware)の頭文字をとった名称であり、事故防止のためにはこれらの要因全てを調和させる必要がある。事故防止のための取り組みとしては、これまでハード面の改善が主であったが、実際の事故を分析すると人的要因によるミス(ヒューマンエラー)が多いことが指摘されている(稲垣, 2008)。そこで、事故防止のために人材育成にも資金・労力・時間が費やされるようになってきたが、覚醒水準の低下によって生じる眠気や疲労など、心身の状態不良からくる「見落とし」や「うっかりミス」がヒューマンエラーでは多いことから、知識やスキル面で優秀な人材を育成しても即効性のある対応がなかなか期待できない現状がある。そこで、見落としやうっかりミスを防ぐために必要な対策のひとつとして、監視に従事する人の心身の状態を良好に保つことが重要となる。

通常、心身の状態を回復させる手段として着目されるのは休養である。休養については、健康づくりの3大原則(運動・栄養・休養)とし

ても重要視されているが、概念が曖昧なため具体的な指針が提示されてこなかった。そこで、厚生省(現:厚生労働省)は1994年に「健康づくりのための休養の指針」を発表し、労働力再生産のための消極的な休養だけでなく、健康レベルを高めるための積極的休養という概念を含んだ総合的な定義を打ち出した(下光・岩根, 1995)。また、確保できる時間の長さによって、休養は休息・休憩・私的時間・週休・休暇の5つに分類されており、本研究で対象とするような短時間の休養は休息として位置づけられ、一連続作業の間にとられる休みとして作業負担の回復に重要な意義をもつといわれている(野崎, 1994)。

一般的な休息では、安静にすることで心身の疲労回復に努める場合が多いが、監視作業やVDT(Visual Display Terminal)作業のように動きの少ない作業では、安静よりも軽いジョギング程度の動的な運動をする方が心身の疲労回復だけでなく作業成績の向上にも有効であるといわれている(加藤, 1990; 柏原・中原, 2001)。また、休息時に運動を実施する方法は積極的休息やActive Restと呼ばれており、安静のような消極的休息(Passive Rest)と区別されている(青木, 1988; 畑ほか, 1986)。これらの知見から、作業内容や時間に応じて適切な休息をとる必要があるとともに、監視のように覚醒水準の低下や疲労が問題となるような作業においては、心身の状態を改善させる最適な休息法として安静よりも軽運動のような積極的休息の効果が期待され、どのような運動がより効果的であるかについて具体的に検討することが不可欠といえる。

一般的に、監視ではほとんど起こらないような信号(事故)を長時間検出し続ける作業が多く、疲労や覚醒水準の低下による眠気が伴う(河野, 2007; マックワース, 1975)。これらの要因が作業効率やヴィジランス(持続的注意)の低下を引き起こし、それがヒューマンエラーにつながるため、対策として覚醒水準や疲労の回復をもたらす方法が求められている。そこで本研究においては、監視作業によって生じる眠

気^{注1)}と疲労^{注2)}の回復にどのような軽運動が有効であるかについて検討することにした。

まず、眠気は覚醒水準の低下に伴って生じるため、眠気の指標のひとつとして覚醒水準が用いられている(林, 2008)。この覚醒水準の高低とパフォーマンスの関係については一般的に逆U字仮説をもとに説明されており、スポーツ領域においてもこの仮説モデルが用いられている(Yerkes and Dodson, 1908; 遠藤, 2002)。この一次元のモデルでは、特定の覚醒水準が、常にパフォーマンスに対して一定のプラス、またはマイナスに作用することになる。しかし、現実場面では同じ高い覚醒水準にあっても、活気にあふれている状態とイライラしている状態ではパフォーマンスが異なると考えられる。また、イライラした状態が長時間続くようであれば眠気は覚めても不快な状態であるため、心身の状態が良好とはいえない。この問題を解決するために、覚醒水準を以下の2つの因子に分けて説明する試みがなされている(Thayer, 1986; Matthews et al., 1990)。

①エネルギー覚醒：覚醒水準の上昇が快気分と関連する因子

②緊張覚醒：覚醒水準の上昇が不快気分と関連する因子

坂入・征矢(2003)は、この2つの因子を測ることで、心理的覚醒水準と快気分を推定できる二次元気分尺度(Two-Dimensional Mood Scale: 以下TDMS)を開発している。この尺度においては、上述した因子の①を活性度、②を逆転項目でとらえた安定度として、覚醒水準と総合的な気分(快/不快)を測定することができる。この尺度の特徴は、測定された結果を心理状態の双極二次元空間(Russell, 1980)上に表示できることにある。これによって、心理状態の変化の大きさや課題に適した心理状態までの距離(Distance from Optimal Point: 以下DOP)の算出が可能となり、様々な介入技法の心理的効果を数量的および視覚的に比較することができる。

次に、疲労について述べると、疲労は作業内容や作業時間によって分類されており、本研究

で実施するような十数分から数時間程度の監視作業における疲労は亜急性疲労と呼ばれている(小木, 1975)。この種の疲労は、休息が不適切な場合には局所的な身体疲労や監視能力の低下などを引き起こすといわれており、作業転換をするなど適切な休息をとる必要がある。また、太田垣(1975)は、作業と疲労の関係を考察する際にはいかなる作業がいかなる疲労をもたらすかという側面と、疲労がいかなる動作的变化を強いるかという側面を考えるべきであると述べている。これは、作業内容によって生じる疲労が異なることを示している。よって、研究対象とする監視作業に近い条件を設定して、そこで生じる疲労を心理・生理的指標を用いて複合的に捉える必要がある。

以上のことをふまえて、中塚・坂入(2006)は水難救助活動における監視を想定したシミュレーション課題を作成し、事故の早期発見や心理的覚醒水準の回復といった観点から、休息時の介入技法としてリラクセーションよりもアクティベーションとしての軽運動が有効であることを確認した。しかし、この研究では、現場で生じる眠気や不快感、疲労を考慮して運動の強度や内容を設定していないため、どのようなタイプの軽運動がどのような効果をもたらすかについては比較検討されていない。仮説としては、覚醒水準の回復には軽度の動的な運動によって心拍数を上昇させることが、疲労の回復にはストレッチによって疲労部位の筋をほぐすことが、監視作業に有効な軽運動の要素として考えられる。

そこで、本研究では、まず水難救助活動における監視場面の心身の状態に関する調査を実施する(予備調査)。次に、予備調査の結果に基づいて軽運動の内容を決定し、監視シミュレーション課題を遂行した。この課題によって、覚醒水準を低下させ、眠気と疲労を誘発した後にタイプの異なる軽運動を実施し、心身の状態回復における軽運動の有効性を比較検討する(実験)。

予備調査：水難救助活動における監視場面の心身の状態調査と介入技法の設定

目 的

水難救助活動の監視場面に関して、監視が適切・不適切におこなわれている時の心身の状態を調査し、両条件の比較を通して、ライフセーバーに生じる眠気や身体疲労部位の特徴を確認すること。また、監視で生じる眠気や疲労を改善するために休息時におこなう介入技法（軽運動および安静）を設定し、各技法の運動強度を確認・調整することを目的とした。

方 法

対象者

調査対象は、水難救助活動に従事するライフセーバー15名（男性8名、女性7名、平均年齢 $\pm$ SD：20.8 $\pm$ 1.5歳、平均経験年数 $\pm$ SD：2.9 $\pm$ 1.4年）であった。このうち、実験参加への承諾が得られた13名（男性6名、女性7名、平均年齢（SD）：20.9（ $\pm$ 1.5）歳、平均経験年数（SD）：3.0（ $\pm$ 1.5）年）を対象に、調査結果に基づいて設定した軽運動の運動強度の測定を実施した。対象者は、いずれも日本ライフセービング協会（以下JLA: Japan Lifesaving Association）の有資格者であり、研究への参加の意思は同意書にて確認した。なお、本研究は筑波大学大学院人間総合科学研究科の研究倫理委員会の審査・承認を得た上でおこなった。

手続き

対象者全員に、過去の監視経験に基づいて監視塔からの監視場面（監視塔からの監視作業）をイメージさせ、同じ監視場面において適切な監視ができていない条件の覚醒水準と疲労に関して、以下の自己評定尺度への回答を求めた。

1) 主観的眠気

0～4の5段階の自己評定尺度（0：全く眠くない～4：かなり眠い）

2) 主観的身体疲労

0～4の5段階の自己評定尺度（0：全く疲れていない～4：かなり疲れている）を用いて全身および頭、目、首、肩、腕、手、胸、腰、大腿、膝、下腿の11カ所の部位の疲労の程度を調査した。

次に、自己評定尺度の結果をもとに監視時の条件によって眠気や身体疲労部位に差があるかを確認した。そこで、差があった部位を休息時に改善するための要素について検討し、その要素にあてはまる軽運動を決定した後、運動強度を測定した。また、運動強度は心拍数を指標とした予備心拍数（Heart Rate Reserve: HRR）を採用した（Karvonen et al., 1957）。心拍数の測定には、POLAR社のRS400を使用し、この測定と併せて各軽運動実施後に主観的運動強度（Ratings of Perceived Exertion: RPE）を確認した（小野寺・宮下, 1976）。この際、動的運動条件については運動強度が同程度になるように個人ごとに調整した。

統計処理

監視条件（適切・不適切）間で各指標の結果に差があるかを確認するため、一要因および二要因被験者内計画の分散分析をおこなった。また、多重比較にはフィッシャーのLSD法を用い、統計的有意水準は全て5%とした。

結果および考察

各指標の自己評定尺度得点の平均（SD）は、主観的眠気の適切条件が0.27（0.46）、不適切条件は3.53（0.92）となっており、主観的身体疲労（全身）については適切条件が0.73（0.59）、不適切条件は3.67（0.49）であった。この2つの指標の条件別に被験者内計画の一要因分散分析を実施した結果、監視場面における条件別の主観的眠気（ $F(1, 14)=173.27, p<.001$ ）と全身の主観的身体疲労（ $F(1, 14)=139.71, p<.001$ ）には顕著な差があることが確認された。次に、主観的身体疲労について条件別に部位ごとの疲労得点（表1）を被験者内計画の二要因分散分析（監視条件 $\times$ 身体疲労部位）で比較したところ、交互作

表1 監視条件別の主観的身体疲労得点
(上段：平均／下段：SD)

身体部位	適切条件	不適切条件	F値
頭	0.67 (0.72)	3.13 (0.74)	72.05*
目	0.93 (0.88)	3.33 (0.90)	77.54*
首	0.87 (0.83)	2.73 (1.10)	46.51*
肩	1.13 (0.99)	3.20 (0.94)	52.97*
腕	0.13 (0.35)	1.33 (0.98)	24.39*
手	0.07 (0.26)	0.40 (0.83)	2.50
胸	0 (0)	0.33 (0.49)	7.00*
腰	1.07 (0.70)	3.33 (0.72)	98.68*
大腿	0.27 (0.59)	0.93 (0.59)	8.24*
膝	0.2 (0.41)	0.73 (0.96)	4.35
下腿	0.2 (0.56)	0.67 (0.62)	5.91*

* $p < .05$

用が有意であった ($F(10, 140)=14.55, p<.001$)。また、監視条件 ($F(1, 14)=205.72, p<.001$)・身体疲労部位 ($F(10, 140)=38.81, p<.001$) とともに主効果が有意であった。そこで、監視条件の違いによってどの部位の身体疲労に差が生じるかを確認するため単純主効果検定をおこなった結果、手と膝以外の9カ所に5%水準で有意な差があった。

さらに、監視条件の違いによって主観的身体疲労が特にどの部位で大きくなるのかを調べるために、監視時の条件による得点差 (不適切条件－適切条件) について部位間で被験者内計画の一要因分散分析をおこなった結果、有意な差があった ($F(10, 140)=14.55, p<.001$)。そこで多重比較を実施した結果、頭・目・首・肩・腰の5カ所が他の6カ所の身体部位に比べて疲労が高く、その差は首と腕の差 ($p=.065$) を除く全ての身体部位において5%水準で有意であった (図1)。このことから、監視の条件 (適切／不適切) によって主観的身体疲労に差がある部位の中でも、特にこの5カ所 (頭・目・首・肩・腰) の身体部位が相対的に疲労しやすい局所的な身体疲労部位と考えられる。

眠気と局所的な身体疲労の問題を軽減 (回復)

させる方法として、眠気の軽減には動的運動によって心拍数を上昇させることが、局所的な身体疲労の回復にはストレッチなどのほぐし運動によって疲労部位の筋をほぐすことが有効であると考えられる。よって、眠気を覚ますための覚醒水準を上げる運動の要素の有無 (動的－静的) と、疲労を回復させるために特定の身体部位をほぐす運動の要素の有無 (ほぐし－非ほぐし) を組み合わせ、監視の実践場面でも短時間休息時に実施可能な以下の4種類の介入技法 (3タイプの軽運動および安静：各1分間) を設定した。また、休息時の介入技法として実施するにあたって、身体的負荷が高くなりすぎないように運動強度を確認・調整した結果、動的運動は20%HRR以下、静的運動は5%HRR以下であった (表2)。

A：ボール運動条件 (動的運動－ほぐし運動条件)

Gボール (Ledraplastic社製ゴムニクボール) の中心に座り、上下のバウンス (弾む運動) を実施した。バウンスの練習時には、足を肩幅程度に開き、肩や腕は力を入れず緩めるが腹と背中には力を入れて背筋を伸ばしたまま、Gボールの中心にお尻を落とすイメージで実施するように教示した。この運動条件は、バウンスによって自然と首から肩にかけての筋がほぐれるものであり、実験時の運動強度の平均 (SD) は17.8(3.5)%HRRでRPEは10.4(1.5)であった。

B：歩行条件 (動的運動－非ほぐし運動条件)

GreenMaster社製のトレッドミル (MT008S) を使用し、ハンドルを握った状態でのトレッドミル歩行を実施した。歩行速度は、運動強度を

図1 監視条件別の主観的身体疲労得点の差

表2 4タイプの介入技法と運動強度

		局所的な身体疲労部位	
		ほぐし運動	非ほぐし運動
覚醒水準 (心拍数)	動的運動	A:ボール運動条件 (動的-ほぐし) 17.8%HRR RPE:10.4	B:歩行条件 (動的-非ほぐし) 18.5%HRR RPE:10.7
	静的運動	C:ストレッチ条件 (静的-ほぐし) 4.0%HRR RPE:7.0	D:安静条件 (静的-非ほぐし) 0%HRR RPE:6.2

ボール運動条件とそろえるため、個人ごとに速度を調整して実施した。実験時の運動強度の平均(SD)は18.5(3.8)%, HRRでRPEは10.7(1.5)であった。

C:ストレッチ条件(静的運動-ほぐし運動条件)
椅子に座ったまま首から肩にかけての静的ストレッチを実施した。ストレッチは4本脚の椅子の前側を片手でつかみ、反対の手は下に垂らした状態で実施した。動作としては、つかんだ手と反対方向へ首をゆっくりと息を吐きながら真横に傾け、肩から首にかけての筋を片側8秒間ずつ交互に伸ばす動作を1分間繰り返した。実験時の運動強度の平均(SD)は4.0(2.7)%HRRでRPEは7.0(0.7)であった。

D:安静条件(静的運動-非ほぐし運動条件)
開眼したまま椅子に座って安静にした。実験時の運動強度の平均(SD)は0(0)%HRRでRPEは6.2(0.4)であった。

予備調査において、監視作業で生じる眠気や身体疲労部位の特徴が明らかとなり、その状態を改善するための介入技法として、覚醒水準(眠気)の回復には動的な運動の要素が、疲労の回復には局所的な身体部位をほぐす運動の要素が有効であると仮定された。そこで、これらの要素を組み合わせた3タイプの軽運動と実際の監視活動の休息時におこなわれている開眼安静について、休息時におこなう介入技法としての有効性を実験的に比較検討することが次の課題となった。

実験：監視作業時の覚醒水準と疲労の回復における軽運動の効果

目 的

水難救助活動を想定した監視シミュレーション課題を実施し、課題試行後の休息時におこなう介入技法(3タイプの軽運動および安静)の効果を、覚醒水準、疲労および注意集中の指標を用いて比較検討することを目的とした。

方 法

被験者

ライフセーバー(JLAの有資格者)13名(男性6名、女性7名、平均年齢 $\pm$ SD:20.9 $\pm$ 1.5歳、平均経験年数 $\pm$ SD:3.0 $\pm$ 1.5年)。全ての被験者は、予備調査において運動強度の測定と調査をすでに実施していた。また、本実験への参加の意思は同意書にて確認した。なお、本研究は筑波大学大学院人間総合科学研究科の研究倫理委員会の審査・承認を得た上でおこなった。

実験期間・環境

本研究は2008年11月から2009年1月にかけて実施した。実験室内は心理・生理指標を測定するため、室温23.0 $\pm$ 1.0 $^{\circ}$ C、湿度50 $\pm$ 10%で保たれるように調整した。

実験課題

本研究では、監視作業によって眠気や疲労を増加させることを目的として、中塚・坂入(2006)が作成した監視シミュレーション課題をストレス課題として実施した。監視作業は、監視において心身の消耗や効率低下が生じると言われる(Hawkins, 1987)30分間おこなった。この課題は、大勢の遊泳者を監視する中で突然溺れだす者(ターゲット)を発見するもので、被験者には発見し次第キーボードのEnterキーを押して反応させた。ターゲット発生までの時間間隔は1~5分に1回とし、予測できないようにランダムに設定した。なお、本研究ではこの課題の実施を“監視作業”とし、現場でおこなわれてい

る長時間・長期間の監視を“監視活動”として用語を区別した。

測定指標

1) 覚醒水準

1-1) 主観的眠気

0～4の5段階の自己評定尺度（0：全く眠くない～4：かなり眠い）を用いた。

1-2) 心理的覚醒水準

覚醒水準を二次元で測定できるTDMS（坂入・征矢，2003）を用いて，快適度および作業に適した心理状態までの距離（DOP）を測定した。快適度の得点範囲は-10から10であった（数字が大きいほど快適度が増す）。DOPは，事前に調査した監視に最適な心理状態と実験時の心理状態を双極二次元空間上に表示し，2点間の距離から算出した（数字が小さいほど最適な心理状態に近い）。

1-3) 生理的覚醒水準

非接触型皮膚赤外線温度計（TECNIMED社製）を用いて末梢皮膚温（左手中指の中節）を測定した。

2) 疲労

2-1) 主観的疲労

全身の疲労感（だるさや倦怠感）を0～10の11段階で表す自己評定尺度（0：全く疲れていない～10：かなり疲れた）を用いた。

2-2) 局所的身体疲労

頭・目・首・肩・腰の主観的身体疲労をそれぞれ0～4の5段階で自己評定する尺度（0：全く疲れていない～4：かなり疲れている）の合計点を用いた。

2-3) 生理的疲労

視機能の低下を反映するといわれている臨界融合頻度（CFF: Critical Fusion Frequency）を用いて監視作業における生理的疲労を測定した（岩崎・秋谷，1990）。測定には極限法を用い，3回測定した中央値を分析に使用した（西村・森本，1986）。CFFの値は低いほど疲労していることを示す。

3) 注意集中

監視作業によって低下が想定される持続的注意が，休息後の時点でどの程度保持されてい

るかを調べるために，グリッドエクササイズ（Harris and Harris, 1984）を一部修正して用いた。この指標は，注意集中を測定するツールとして作成された視覚探索課題である。視覚探索課題では，課題時間を設定し，その中でできるだけ速く，多くの標的を探すことが求められるため，眠気や覚醒度を間接的に測定するための指標としても用いられている（Casagrande et al., 1997）。そこで，本研究では7×7のマスの中に49個の数字をランダムに並べ，検査開始時に指定される数字から順番に数字を見つけチェックしていくグリッドエクササイズを休息後に実施し，1分間の課題遂行成績を注意集中の指標とした。なお，休息前（監視作業後）にグリッドエクササイズを実施することによって，実験課題で生じさせた眠気や疲労が変化する可能性があることから，休息前後でこの指標を用いることはせず，初回のセッション（実験の説明および流れの確認セッション）で監視課題実施前におこなったグリッドエクササイズの成績をベースラインとして，ベースラインおよび各条件と比較することで注意集中の保持の程度を検討した。

4) 主観的有効性（総合評価）

特定の介入技法の効果が高かったとしても，その実施に大きな負担がかかる場合は実践場面の継続的な実施が困難となる。そこで，被験者自身による総合的な評価として，全セッション終了後に各介入技法の主観的な有効性を0～3の4段階で表す自己評定尺度（0：悪い～3：良い）を用いて測定した。これは，実践場面における導入・実施のしやすさを表す指標として用いた。

手続き

初回の実験に関する説明と練習およびベースライン測定を含め，各被験者5セッションずつ実験をおこなった。初回の実験・練習は1セッション／日でおこない，本セッションはセッション間に15分程度の休憩をはさみ2セッション／日ずつ計3日間実施した。特に，本セッション（2日間）は，被験者が同一条件で実験に参加できるように曜日や時間帯を調整した。

初回セッションにおいて、各測定指標について説明した後、グリッドエクササイズのベースラインを測定した。併せて、各被験者にとって監視に適切／不適切なパフォーマンス時の心理状態に関して二次元気分尺度を用いた調査を実施した。本実験の4セッションでは、実験室環境に慣れるため入室後10分間座位で安静を保った。その後、監視シミュレーション課題を30分間おこなって眠気と疲労を誘発した後、休息時の介入技法として予備調査で設定したボール運動、歩行、ストレッチおよび安静の4条件のいずれかを、順序のカウンターバランスをとって実施した。測定指標については、監視シミュレーション課題直後（休息前）に覚醒水準と疲労に関する指標を、休息直後に覚醒水準と疲労に加え注意集中の指標を測定した。測定順序は、時間や測定の実施による影響を最も受けやすい覚醒水準について最初におこない、ついで疲労の測定を実施した。休息後の測定に関しては、眠気や覚醒度の影響を受けやすい注意集中を覚醒水準の測定後に測り、最後に疲労の測定をおこなった。また、測定時間は覚醒水準と疲労で約1分、注意集中の測定が約1分の計2分程度であった。

統計処理

休息前後において、4つの介入技法間で各指標の結果に差があるかを確認するために二要因被験者内計画の分散分析をおこなった。次に、休息後に注意集中の保持や主観的有効性に介入技法間で差があるかどうかを確認するために一要因被験者内計画の分散分析をおこなった。データ処理にあたって球面性の仮定を満たしていない主観的眠気（Postの単純主効果）と生理的疲労については、Greenhouse-Geisserのイブシロンを利用して自由度を修正したものを採用した。また、多重比較にはフィッシャーのLSD法を用い、統計的有意水準は全て5%とした。

結 果

監視作業前後で測定した覚醒水準と疲労の指標に関して、一要因被験者内計画の分散分析をおこなったところ、主観的眠気 ($F(1, 12) = 96.33$,

表3 監視作業前後における覚醒水準と疲労の測定結果（上段：平均／下段：SD）

		監視作業前	監視作業後	F値
覚 醒 水 準	主観的眠気 〔点〕	1.15 (0.47)	2.79 (0.55)	96.33*
	快適度 〔点〕	4.06 (1.61)	-2.81 (1.25)	132.04*
	DOP 〔点〕	4.68 (2.71)	12.19 (3.02)	60.01*
	末梢皮膚温 〔℃〕	30.58 (1.87)	31.44 (1.68)	9.08*
疲 労	主観的疲労 〔点〕	3.50 (1.49)	6.75 (0.92)	57.31*
	局所的 身体疲労 〔点〕	0.54 (0.38)	1.63 (0.73)	85.73*
	臨界 融合頻度 〔C/S〕	37.00 (2.83)	36.38 (2.54)	4.20

* $p < .05$

$p < .001$), 快適度 ($F(1, 12) = 132.04$, $p < .001$), DOP ($F(1, 12) = 60.01$, $p < .001$), 末梢皮膚温 ($F(1, 12) = 9.08$, $p < .05$), 主観的疲労 ($F(1, 12) = 57.31$, $p < .001$), 局所的な身体疲労 ($F(1, 12) = 85.73$, $p < .001$), CFF ($F(1, 12) = 4.20$, $p = .063$) となっており, CFFを除く全ての指標において作業前後で統計的に有意な変化がみられた（表3）。よって、本実験課題はストレス課題として適切であることが確認された。そこで、介入技法の実施による覚醒水準と疲労の回復および注意集中の保持効果を検討するために、以下に、休息前後における覚醒水準と疲労の指標の測定結果（表4）と、休息後における注意集中と主観的有効性の指標の測定結果（表5）を示す。なお、休息前後の分散分析では、CFFを除く全ての指標において時期の主効果および技法ごとの単純主効果が有意であったため、指標ごとの記載は省略した。

1) 覚醒水準

1-1) 主観的眠気得点

休息前後の2時期 (pre-post) $\times$ 4条件 (各介入技法) の分散分析を実施したところ、交互作

表4 休息前後における覚醒水準と疲労の測定結果（上段：平均／下段：SD）

		A:ボール運動		B:歩行		C:ストレッチ		D:安静		Post時の 多重比較
		Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	
覚 醒 水 準	主観的眠気 〔点〕	2.77 (0.73)	1.00 (0.82)	2.85 (0.80)	1.62 (0.77)	2.77 (0.60)	1.77 (0.60)	2.77 (0.73)	2.23 (0.73)	A<CD, B<D
	快適度 〔点〕	-2.54 (1.01)	3.15 (1.01)	-2.73 (1.80)	1.88 (1.53)	-3.15 (1.56)	1.46 (1.61)	-2.81 (1.55)	0.08 (1.46)	A>BC>D
	DOP 〔点〕	11.82 (3.34)	4.67 (2.95)	12.14 (2.97)	5.77 (2.41)	12.65 (3.35)	7.08 (4.00)	12.30 (3.06)	9.37 (3.58)	A<BC<D
	末梢皮膚温 〔℃〕	31.66 (1.67)	29.13 (2.06)	31.33 (1.82)	28.91 (1.85)	31.36 (1.71)	30.03 (2.14)	31.40 (2.23)	30.92 (2.31)	AB<CD
疲 労	主観的疲労 〔点〕	6.77 (0.83)	5.00 (1.00)	6.62 (1.12)	5.69 (1.25)	6.85 (1.07)	5.00 (1.22)	6.77 (0.93)	5.62 (1.12)	A<D, C<B
	局所的身体疲労 〔点〕	1.51 (0.73)	0.86 (0.49)	1.54 (0.78)	1.25 (0.77)	1.72 (0.92)	1.14 (0.56)	1.74 (0.72)	1.43 (0.62)	A<BCD, C<D
	臨界融合頻度 〔C/S〕	36.46 (2.54)	36.38 (2.72)	36.38 (2.57)	36.08 (2.81)	36.31 (2.75)	36.31 (2.95)	36.38 (2.60)	36.46 (2.96)	

表5 休息後における注意集中と主観的有効性の測定結果（上段：平均／下段：SD）

	BL:ベースライン	A:ボール運動	B:歩行	C:ストレッチ	D:安静	多重比較
グリッドエクササイズ （点）	20.46 (4.94)	17.23 (3.98)	14.92 (3.66)	15.46 (4.91)	14.46 (5.11)	BL>ABCD A>BD
主観的有効性 （点）	-	2.77 (0.44)	2.00 (0.71)	1.77 (0.44)	0.62 (0.51)	A>BC>D

用が有意であった ($F(3, 36)=16.26, p<.001$)。また、時期 ($F(1, 12)=96.69, p<.001$)、条件 ($F(3, 36)=3.04, p<.05$) ともに有意な主効果が認められた。条件について単純主効果を確認したところ、Preでは条件間に差はなく、Postにおいて有意な差 ($F(1.9, 22.9)=9.01, p<.01$) があった。そこで多重比較をおこなったところ、ボール運動条件とストレッチ・安静条件間に、歩行条件と安静条件間に5%水準で有意な差が確認された。よって、主観的な眠気の回復にはボール運動条件がストレッチや安静など静的運動条件に比べて有効であり、歩行条件も安静条件と比べると眠気の回復効果が大きかった。

1-2) 心理的覚醒水準

二次元気分尺度を用いて活性度（エネルギー覚醒）と安定度（緊張覚醒（-））から快適度を算出し、さらに監視に適した心理状態までの距離（DOP）について、それぞれ休息前後の2時期（pre-post）×4条件（各介入技法）の分散分析を実施した。その結果、快適度の交互作用が有意であった ($F(3, 36)=13.53, p<.01$)。主効果は、時期 ($F(1, 12)=150.24, p<.001$)、条

件 ($F(3, 36)=7.47, p<.01$) ともに有意であった。条件について単純主効果を確認したところ、Preでは条件間に差はなく、Postにおいて有意な差 ($F(3, 36)=14.32, p<.001$) があった。そこで多重比較をおこなったところ、ボール運動条件と歩行・ストレッチ・安静条件間に、歩行条件と安静条件間に、ストレッチ条件と安静条件間に5%水準で有意な差がみられた。これは、3タイプの軽運動がいずれも安静より快適感を高めるということと、同じ軽運動の中でも特にボール運動を実施することでより快適な状態になったことを示している。

また、DOPについても交互作用が有意であった ($F(3, 36)=17.96, p<.01$)。主効果は、時期 ($F(1, 12)=106.17, p<.001$)、条件 ($F(3, 36)=11.35, p<.001$) ともに有意であった。条件について単純主効果を確認したところ、Preでは条件間に差はなく、Postにおいて有意な差 ($F(3, 36)=20.05, p<.001$) があった。そこで多重比較をおこなったところ、ボール運動条件と歩行・ストレッチ・安静条件間に、歩行・ストレッチ条件と安静条件間に5%水準で有意な差がみられた。こ

これらの結果より、ボール運動条件は監視に適した心理状態に近づくという点において最も効果的であることが明らかとなった(図2)。

1-3) 生理的覚醒水準

末梢皮膚温を指標として、休息前後の2時期(pre-post)×4条件(各介入技法)の分散分析を実施したところ、交互作用が有意であった($F(3, 36)=37.95, p<.001$)。また、時期の主効果が有意であり($F(1, 12)=125.17, p<.001$)、条件の主効果には差がみられなかった($F(3, 36)=2.73, p=.06$)。条件について単純主効果を確認したところ、Preでは条件間に差はなく、Postにおいて有意な差($F(3, 36)=9.56, p<.001$)があった。そこで多重比較をおこなったところ、ボール運動・歩行条件とストレッチ・安静条件間に5%水準で有意な差が確認された。よって、生理的な覚醒水準の上昇にはボール運動と歩行条件が効果的であったといえる。

2) 疲労

2-1) 局所的な身体疲労得点

休息前後の2時期(pre-post)×4条件(各介入技法)の分散分析を実施したところ、交互作用が有意であった($F(3, 36)=5.44, p<.01$)。また、時期($F(1, 12)=23.19, p<.001$)、条件($F(3, 36)=3.07, p<.05$)とも主効果が有意であった。条件について単純主効果を確認したところ、Preでは条件間に差はなく、Postにおいて

有意な差($F(3, 36)=5.25, p<.01$)があった。そこで多重比較をおこなったところ、ボール運動条件と歩行・ストレッチ・安静条件間に、ストレッチ条件と安静条件間にそれぞれ5%水準で有意な差が確認された(図3)。よって、局所的な身体疲労の回復にはほぐし運動の要素を含むボール運動・ストレッチ条件が安静条件に比べて効果的であり、特にボール運動条件の有効性が最も高かった。

2-2) 主観的疲労

休息前後の2時期(pre-post)×4条件(各介入技法)の分散分析を実施したところ、交互作用が有意であった($F(3, 36)=6.28, p<.01$)。また、時期の主効果が有意であり($F(1, 12)=26.78, p<.001$)、条件の主効果には差がみられなかった($F(3, 36)=1.46, p=.24$)。条件について単純主効果を確認したところ、Preでは条件間に差はなく、Postにおいて有意な差($F(3, 36)=3.92, p<.05$)があった。そこで多重比較をおこなったところ、ボール運動条件と安静条件間に、ストレッチ条件と歩行条件間に有意な差がみられた($p<.05$)。よって、主観的疲労の回復にはボール運動・ストレッチ条件が効果的であったと考えられる。

2-3) 生理的疲労

CFFを指標として、休息前後の2時期(pre-post)×4条件(各介入技法)の分散分析を実施したところ、交互作用が有意ではなかった($F(3, 36)=0.70, p=.56$)。また、時期($F(1, 12)$)

図2 休息前後における介入技法別の心理状態(TDMS)の変化

図3 休息前後における介入技法別の局所的な身体疲労得点の変化

=1.67, $p=.69$), 条件 ($F(3, 36)=0.70, p=.82$) ともに主効果が有意でないことから, 本研究でおこなったような1分程度の介入では生理的疲労に変化は見られなかったといえる。

3) 注意集中

グリッドエクササイズの得点を指標として, 4つの介入条件にベースラインを加えて一要因分散分析を実施したところ, 条件間に有意な差がみられた ($F(4, 48)=7.59, p<.001$)。そこで多重比較をした結果, ベースラインとボール運動・歩行・ストレッチ・安静条件間に, ボール運動条件と歩行・安静条件間に5%水準で有意な差があった。このことから, 30分の監視作業後に短時間の休息をとっても注意集中の水準はベースラインに比べて低下するが, 注意集中の保持には, 歩行や安静よりもボール運動条件が相対的に有効であることが示された。

4) 主観的有効性 (総合評価)

全セッション終了後に, 各介入技法の総合評価としての主観的有効性の得点について一要因の分散分析を実施したところ, 条件間に有意な差がみられた ($F(3, 36)=34.52, p<.001$)。そこで多重比較をした結果, ボール運動条件と歩行・ストレッチ・安静条件間に, 歩行・ストレッチ条件と安静条件間にそれぞれ有意な差が確認された ($p<.05$)。このことは, ボール運動条件はその他の条件に比べ最も効果的な介入技法であると被験者から評価されたことを示している。

考 察

結果を総括すると, 休息の効果は3タイプの軽運動と安静の全ての介入条件にみられたが, 効果の大きさや特徴に違いがあることが示された。そこで, 覚醒水準・疲労・注意集中に関する効果の大きさを条件間で比較したところ, 変化がみられなかった生理的疲労を除く全ての指標においてボール運動が最も有効であり, 被験者による総合評価である主観的有効性においても, 監視作業時の休息中におこなう介入技法としてボール運動が最も高い評価を受けた。また, 歩行および静的ストレッチも, 安静に比べ

ると有効であることが確認された。以下, 介入条件ごとに結果を考察する。

安静 (静的運動-非ほぐし運動) 条件は, 他の条件と比較すると全ての指標において効果が小さかった。一般的に, 休息というと安静をイメージする人が多いと考えられる。実際, 水難救助活動の現場においても休息中は安静にしている。しかし, 本来は作業の特性に応じた休息の方法を検討すべきである。本研究の結果は, この考え方を支持するものであり, 長時間座位状態を強いられる監視作業後の休息においては, 安静にするだけでは心身の状態を適切な水準に調整することができないため, 監視に適した状態への回復効果が小さいことが示された。

歩行 (動的運動-非ほぐし運動) 条件では, 安静条件に比べて眠気の回復に一定の効果がみられたが, 主観的疲労度に関しては, ストレッチ条件に比べて回復の効果が小さかった。また, 局所的身体疲労の回復については, 同じ動的運動のボール運動条件と比較すると劣っていた。また, グリッドエクササイズの作業成績がボール運動条件に比べて低下していたことから, この条件は注意集中の保持に有効とはいえない。これらの結果より, 歩行をおこなうことは覚醒水準の回復には有効であるが, 疲労の回復については効果が小さく, 特に局所的身体疲労の回復および注意集中の保持に関しては, 同じ強度で動的運動をおこなったボール運動条件との間に効果の違いがあることが明らかとなった。運動の心理的效果に関する先行研究を概観したBiddle and Mutrie (2008)によると, 運動強度による心理的效果の違いを検討しているものは多いが, 同程度の運動強度でも種類が異なると運動の心理的效果も異なるといった検討はほとんどなされていない。本研究で得られた知見からは, 運動強度が同程度でも, 運動の種類が異なると心理的效果に違いがあることが明らかになった。

ストレッチ (静的運動-ほぐし運動) 条件は, 覚醒水準の回復についてボール運動条件に比べて効果が小さかったが, 快気分への切り換

えや局所的身体疲労の回復においては安静条件に比べて効果が大きかった。また、主観的疲労については歩行条件よりも効果的に回復することが示された。注意集中の保持については、他の条件と比較しても差がみられなかった。よって、休息時にストレッチをすることは、他の条件に比べ疲労の回復において一定の効果が認められるが、覚醒水準の回復は動的運動（ボール運動・歩行）に比べて効果が小さいといえる。

ボール運動（動的運動－ほぐし運動）条件は、静的な運動であるストレッチや安静条件に比べて覚醒水準を回復させる効果が大きく、同じ動的運動の歩行条件よりも局所的な身体疲労の回復に有効であった。低強度であっても上下に弾む動的な運動要素を取り入れたことが覚醒水準の回復に役立ち、身体疲労部位をほぐす運動要素を組み合わせたことが疲労の回復効果をもたらしたと考えられる。さらに、休息によって不快な心理状態から回復し、監視に適した心理状態に近づけるための技法として、最も効果的だったのもこの条件であった。グリッドエクササイズの前作業成績についても、歩行・安静条件に比べて高い得点を示していることから、休息後に監視作業に復帰した際、注意集中が他の条件よりも保持できていると考えられる。よって、注意集中の保持の観点からもこの条件の有効性が高いことが示された。これらのことから、休息時にボール運動をすることは、他の条件に比べて覚醒水準や疲労の回復を促進するだけでなく注意集中の保持においても有効であり、監視に適した心理状態へ切り換える技法として最も効果的であることが確認された。

さらに、このボール運動は、監視塔で使用される椅子の代わりとしてGボールを活用すればいつでもおこなうことができるため、本研究の応用として、休息時以外でも監視をしながら心身の状態に応じて個人のペースで随時実施することが可能である。以上のことから、監視作業に従事する人間の心身の状態を適切なものに自己調整するための方法として、本研究で実施したボール運動のように、動的運動の要素とほぐし運動の要素の両方を有する軽運動を導入する

ことが有益だと考えられる。

まとめ

本研究では、水難救助活動の監視場面を想定した監視シミュレーション課題を実施し、そこで生じる覚醒水準の低下（眠気）や疲労を改善させ注意集中を保持するために、休息時にどのようなタイプの介入技法（3タイプの軽運動および安静）を実施することが有効であるかについて検討した。その結果、安静より軽運動の効果が大きく、軽運動の中でも動的運動は覚醒水準（眠気）の回復に有効であり、特定の身体部位をほぐす運動には疲労を回復させる効果が大きいことが確認された。また、動的運動とほぐし運動を組み合わせた軽運動は、覚醒水準および疲労の回復や注意集中の保持に有効であるだけでなく、監視に適した心理状態への調整にも最も効果的であることが示された。

本研究で得られた知見に基づいて、実際の監視場面において動的運動とほぐし運動を組み合わせたボール運動を実施し、その有効性を検証することが今後の課題である。

また、作業内容の特性や状況に応じて適切・不適切なパフォーマンス時の心理状態が異なることから、監視作業とは性質が異なる課題に関しては、常にボール運動が休息時の介入技法として有効であるとはいえない。過度の緊張が問題となるような状況では、安静やストレッチの方が有効である可能性もある。今後は、異なるタイプの作業を対象とした研究を蓄積し、各種の軽運動を有効に活用しうる適用範囲と方法を明確にすることによって、心身の状態回復技法としての軽運動の体系的な活用法を確立することが求められる。

注

注1) 眠気は、「睡眠の欲求」として「主観的眠気」と「客観的眠気」に分類されており、「主観的眠気」は眠いという感覚（心理的側面）を表しているのに対し、「客観的眠気」は寝つきの早さ（睡眠傾向）を示している（Dement and Carskadon, 1982）。本研究では、「主観的眠気」のことを眠気として主に用いるが、眠気は覚醒水準の低下が続くことによって生じ

るため、本研究では、二次元気分尺度を心理的覚醒水準の指標とし、末梢皮膚温を生理的覚醒水準の指標として覚醒水準を測定した。

注2) 本研究では、疲労感のような主観的な訴えとしての疲労（主観的疲労）と、機能低下としての疲労（生理的疲労）の大きく2つに分けることによって、疲労を複合的に測定した。

文 献

- 青木純一郎 (1988) クーリングダウンの生理学. Japanese Journal of Sports Sciences, 7 : 628-632.
- Biddle, S. J. H. and Mutrie, N. (2008) Psychology of physical activity : Determinants, well-being & interventions 2nd edition. Routledge : New York.
- Casagrande, M., Violani, C., Curcio, G., and Bertini, M. (1997) Assessing vigilance through pencil and paper letter cancellation task (LCT) : Effects of one night of sleep deprivation and of the time of day. Ergonomics, 40 : 613-630.
- Dement, W. C. and Carskadon, M. A. (1982) Current perspectives on daytime sleepiness : the issues. Sleep, 5 : 56-66.
- 遠藤俊郎 (2002) 情動のコントロール技法. 日本スポーツ心理学会編 スポーツメンタルトレーニング教本. 大修館書店 : 東京, pp.106-111.
- Harris, D. V. and Harris, B. L. (1984) The athlete's guide to sports psychology : Mental skills for physical people. Leisure Press : Champaign.
- 畑誠之介・古藤高良・宮下 節・伊與田康雄・武井光彦・萩原武久・池田充宏 (1986) Active Restに関する研究—Active Rest開始時期の設定に関して—. 筑波大学体育科学系運動学類運動学研究, 2 : 71-76.
- Hawkins, F. H. (1987) Human factors in flight. Gower Technical Press : England.
- 林 光緒 (2008) 日中の眠気. 堀 忠雄編 睡眠心理学. 北大路書房 : 京都, pp.267-278.
- 稲垣敏之 (2008) 自動化による安全性の向上 : ヒューマンファクターの視点からの考察. Fundamentals Review, 2(2) : 20-30.
- 岩崎常人・秋谷 忍 (1990) CRT画面上での視覚作業にみられるCFF値の変化とその生理的意味. 人間工学, 26(4) : 181-184.
- Karvonen, M. J., Kentala, E., and Mustala, O. (1957) The effects of training on heart rate: A longitudinal study. Annales Medicinae Experimentalis et Biologiae Fenniae, 35 : 307-315.
- 粕原孝爾・中原凱文 (2001) 適度な運動がワープロ作業の効率に及ぼす影響. 日本生理人類学会誌, 6(3) : 55-62.
- 加藤恵子 (1990) 精神作業の疲労回復に及ぼす運動の効果. 名古屋文理短期大学紀要, 15 : 81-88.
- 河野龍太郎編 (2007) ヒューマンエラーを防ぐ技術 (第3刷). 日本能率協会マネジメントセンター : 東京.
- 警察庁生活安全局地域課 (2008) 平成19年中における水難の概況. 警察庁. http://www.npa.go.jp/safetylife/chiiki28/h19_suinan.pdf
- 小木和孝 (1975) 各種疲労の共通問題. 労働の科学, 30(2) : 4-9.
- マックワース, J. F. : 福島脩美・井深信男共訳 (1975) ヴィジランスと慣れ. 岩崎学術出版社 : 東京 <Mackworth, J. F. (1969) Vigilance and habituation. Charles E. Tuttle : Tokyo.>
- Matthews, G., Jones, D. M., and Chamberlain, A. G. (1990) Refining the measurement of mood : The UWIST mood adjective checklist. British Journal of Psychology, 81 : 17-42.
- 深山元良・小峯直総・山本利春・荒井宏和 (1999) 海水浴場における溺水事故とライフセービング. 臨床スポーツ医学, 16(8) : 879-885.
- 中塚健太郎・坂入洋右 (2006) 水難救助活動における監視作業に有効な休息法—自律訓練法と軽運動の比較—. 自律訓練研究, 26 : 34-43.
- 西村 武・森本一成 (1986) 精神疲労推定のためのCFFの測定方法と条件の検討. 人間工学, 22(4) : 203-210.
- 野崎貞彦 (1994) 健康づくりのための休養とは. 予防医学ジャーナル, 297 : 17-20.
- 小野寺孝一・宮下充正 (1976) 全身持久性運動における主観的強度と客観的強度の対応性～Rating of perceived exertion の観点から～. 体育学研究, 21 : 191-203.
- 太田垣一郎 (1975) 作業動作と疲労. 労働の科学, 30(2) : 10-13.
- Russell, J. A. (1980) A circumplex model of affect. Journal of Personality and Social Psychology, 39 : 1161-1178.
- 坂入洋右・征矢英昭 (2003) 新しい感性指標～運動時の気分測定～. 体育の科学, 53(11) : 845-850.
- 下光輝一・岩根久夫 (1995) 休養とは何か—運動分野からの検討—. ストレス科学, 10(3) : 209-214.
- Thayer, R. E. (1986) Activation-deactivation adjective check list : Current overview and structural analysis. Psychological Reports, 58 : 607-614.
- Yerkes, D. and Dodson, J. (1908) The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. Journal of Comparative and Neurological Psychology, 18 : 459-482.

(2009.7.30受稿, 2010.6.8 受理)