

濾紙 BPB 染色法による某造船工場に於ける 疲労調査並びに疲労管理の研究

岡山大学医学部公衆衛生学教室（主任：故大田原一祥教授）

助 教 授 緒 方 正 名

専 攻 生 松 田 昭

〔昭和 37 年 2 月 27 日受稿〕

緒 言

工場に於ける疲労管理は災害防止、疾病予防上極めて重要な問題である。然し乍ら、現在まで用いられている疲労測定法はその操作が複雑な為に全員の疲労測定が行い難い欠点があつた。その為疲労測定は工場の各職場より 4～5 名の作業員を無作為に抽出して、その疲労測定値により職場の疲労度を比較するに留まつていた。

然し乍ら、工場に於ける疲労管理の面より言えば、作業員全員について疲労測定を行い、高度に疲労した者を揀び出して休養させると云う方法が最も理想的である。

著者の 1 人緒方は、この目的に合致した簡便な疲労測定法として尿微量蛋白の測定法を簡易化した濾紙 BPB 染色法（濾紙 Spot Test）を考案した¹⁾²⁾。

南教授は 1958～1961 年に涉つて、著者の方法を用いて各種スポーツ疲労（剣道、ラグビー、排球、柔道）及びその後の回復状態について研究を行い³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾、本法が労作を敏感に反映するものであると述べている。

私共はこの方法を用いて某造船所全員（1039 名）を対象とし、その作業後尿蛋白の定量を行い高度の疲労者を抽出する疲労管理方式を考案し、更に各職場の疲労度の比較を行い、亦通勤直後尿の尿蛋白の定量より通勤疲労の測定を併せ行つたのでここに報告する。

実験材料並びに実験方法

作業員の排尿直後の尿について尿量を測定し、前回排尿よりの時間を記入させた上、尿 0.02 ml を濾紙上に滴下し、自然乾燥させる。次で BPB 染色液（BPB 0.05 g、昇汞 1 g、酢酸 2 ml を蒸溜水に溶解し 1 dl としたもの）中で染色後、2% 酢酸で数回洗滌すると尿蛋白による Spot が現れる。

尿蛋白の濃度が大きである程 Spot は濃く且つ面積が大である。この Spot を、血清を稀釈し、同様にして染色、脱色した標準色素系列の Spot と比較して尿蛋白濃度を定める。尿蛋白時間排泄量は〔尿蛋白濃度〕×〔尿量〕÷〔前回排尿よりの時間（分）〕によつて計算する¹⁾。

作業後症候調べ⁷⁾は、産業疲労委員会⁸⁾で定められたアンケートを全員に渡して各人にそれぞれ記入せしめたものを集計した。

実 験 成 績

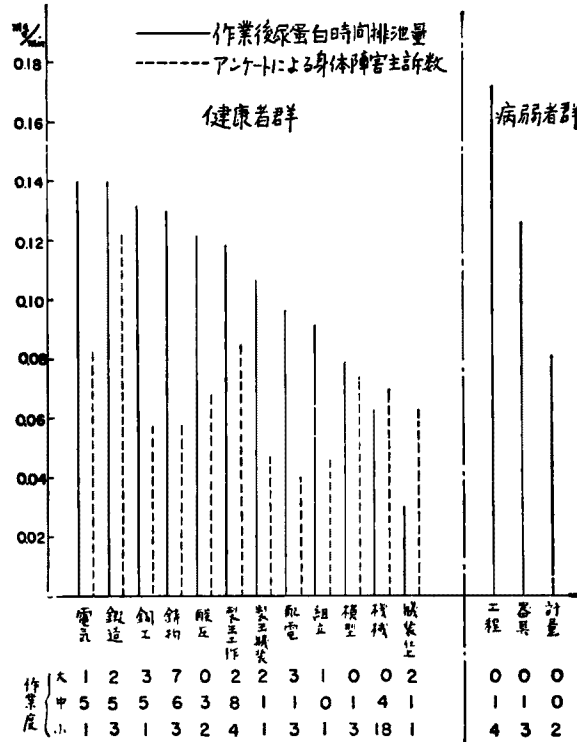
1. 従業員の作業後尿蛋白の時間排泄量について

冬期に測定した全作業員の作業後尿蛋白時間排泄量は〔第 1 図〕並びに〔第 I 表〕に示す如くであり、職場別には電気（電線の運搬を含む）>鍛造>銅工>鋳物>酸圧等の順を示した。〔第 1 図〕下に示す作業度大中小の値は各作業場に於て、重労作、中等度労作、軽労作に相当する職場の数を現わすものである。両者を比較すれば、作業強度と尿蛋白時間排泄量とは平行する成績が得られている事が分る。尚、重筋作業の他に高熱作業である鍛造、鋳物等では尿蛋白量は一般に多い傾向を示す。尚、〔第 1 図〕中の点線は作業後症候調べのうちで、身体障害主訴数であり、尿蛋白排泄量とは平行関係を示している。〔第 1 図〕中、病弱者群として分類してあるのは結核、心臓疾患を含む慢性疾患の者に特に工程、器具、計量などの軽労作を課している者であるが、労作量の少いの不拘、多くの尿蛋白の排泄が認められている。

2. 濾紙 BPB 染色法による従業員の疲労管理の方法について

私達は本法を用いる疲労管理の 1 つの手段として作業後の蛋白濃度の多い者、即ち Spot の大である者を揀び休養を与え、検査を行う方法を考案した。

第1図 某造船所作業後尿蛋白時間排泄量



第 I 表 某造船工場作業員作業前後尿蛋白濃度・尿蛋白時間排泄量及び5%棄却限界値

職 場	人員	尿蛋白濃度 mg/ml	5%棄却限界	尿蛋白時間排泄量 mg/min	5%棄却限界	
健 康 者 群	電 気	77	0.244 ± 0.106 *	0.459	0.140 ± 0.088 *	0.333
	鍛 造	34	0.172 ± 0.042	0.264	0.140 ± 0.058	0.250
	銅 工	162	0.191 ± 0.065	0.320	0.132 ± 0.051	0.236
	鋳 物	96	0.222 ± 0.083	0.389	0.130 ± 0.057	0.246
	酸 圧	33	0.207 ± 0.043	0.296	0.122 ± 0.036	0.197
	製 缶 工 作	154	0.122 ± 0.046	0.213	0.119 ± 0.058	0.234
	製 缶 装	47	0.158 ± 0.057	0.274	0.107 ± 0.037	0.209
	配 電	40	0.132 ± 0.026	0.184	0.097 ± 0.045	0.191
	組 立	69	0.116 ± 0.042	0.200	0.092 ± 0.049	0.194
	模 型	16	0.210 ± 0.069	0.366	0.079 ± 0.019	0.123
	機 械	150	0.100 ± 0.048	0.195	0.063 ± 0.034	0.134
機 装 仕 上	93	0.052 ± 0.017	0.086	0.030 ± 0.017	0.065	
病 弱 者 群	工 程	29	0.193 ± 0.112	0.431	0.172 ± 0.118	0.410
	器 具	27	0.273 ± 0.050	0.380	0.126 ± 0.034	0.206
	計 量	12	0.171 ± 0.025	0.229	0.084 ± 0.017	0.114
総 平 均	1039	0.158 ± 0.202		0.107 ± 0.173		

* M ± σ

(註) 棄却限界値は蛋白量の高い値のみ記載

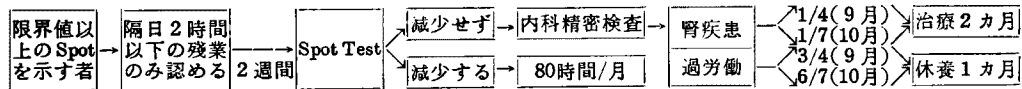
先づ尿蛋白質の限界値を撰ぶ必要があるので、私共は一応の目安として各職場の作業後尿蛋白の価より、5%の棄却限界を求めた。その価は〔第Ⅰ表〕に併せて示される如く、Spot の大きさでは0.5% (0.5mg/ml) に近い価を示すものは5職場であり、0.25%に近い価を示すものは7職場、0.125%に近い価を示すものは2職場であつた。全職場では不偏分散が大である為に0.5%の価を示した。この価は尿蛋白排泄量が季節

によつて異り、又職場の構成人員の影響もあるので便宜上のものであるに過ぎないが、まづ本造船所において1ヶ月80時間以上の時間外労働を行つている者(各月によつて異なるが253~764名)について各月毎に蛋白量0.25%以上の者を撰び出し、残業時間を1週間1日置き2時間までに減らし、休養せしめる。〔第Ⅱ表下部参照〕。この状態で2週間後更に Spot Test を行う。その際尿蛋白の価が0.25%以下に減少

第Ⅱ表 濾紙 Spot Test による高蛋白排泄者及びその管理

(80時間/1ヵ月以上時間外労働者)

		4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	合 計
総 計		376	253	409	509	560	764	2869
ス ポ ット	0.25 mg/cc 以上	23 6.1%	16 6.3%	36 8.8%	54 10.6%	22 3.9%	63 8.2%	214 7.4%
	0.5 mg/cc 以上	12 3.2%	4 1.6%	7 1.7%	14 2.8%	4 0.7%	12 1.6%	53 1.8%
総 蛋 白	0.25 mg/min以上	8 2.1%	6 2.3%	4 0.9%	5 0.9%	4 0.7%	6 0.7%	33 1.1%



80時間/月
(要注意者を除く)

している者は元の残業時間に復帰させる。0.25%以上の者は内科で精密検査を行う。昨年9月の成績では精密検査を行つた者は4名であり、うち1名は無自覚性急性腎炎で1ヶ月の治療により全治、他の2名は問診により過労と見なされ、1ヶ月軽作業の後尿蛋白は正常となり元の残業に復帰、1名は腎疾患の前歴あり、1ヶ月の軽作業では回復せず保留とした。又10月の成績では内科で精密検査を行つた者は7名で、うち1名は急性の腎出血が発見され2ヶ月の治療で全治、他の5名は問診により過労と見なされ1ヶ月の軽作業で元の残業に復帰、他の1名は腎疾患の前歴あり、保留と云う処置を行つている。本法は疲労管理の他に、腎疾患の集団検査も同時に行い得る長所を有する。特に作業員は Spot を自分で認めるので納得し易い。〔第Ⅱ表〕上部には、各月における残業者の尿 Spot について0.25%、0.5%を越える者の比率を示し、その価の人の全員に対する比率の平均は各々7.4%及び1.8%であつた。

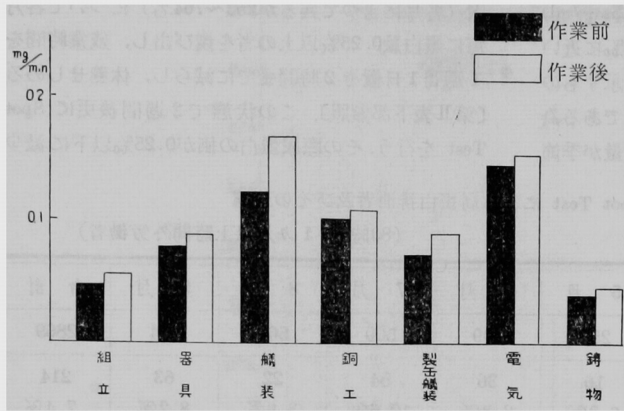
3. 従業員の作業前後における尿蛋白排泄量の比較

一般に尿蛋白の排泄は一部には副腎皮質ホルモンの変動と関係があると云われているが、私共の成績では臥床時には午前に多く、午後に少ない。それ故に軽作業の場合には作業後に尿蛋白が増加しないからと云つて尿蛋白排泄量が少しも増加しなかつたとは云い得ない。然し乍ら、上述の造船工場では重筋作業が多いので、作業前に通勤疲労があるにも不拘、作業後に更に尿蛋白排泄量の増大が認められた。その成績は〔第2図〕に示す如くである。本調査において艦装作業員及び製艦艦装作業員に特に作業前に比べて作業後尿蛋白量の増大が認められたのは測定時に艦装作業の量が極めて多かつた事実と一致する所見である。尚調査は夏季に行なつたものである。

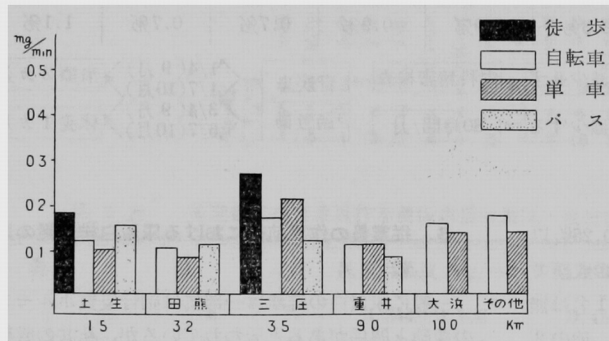
4. 通勤直後の尿蛋白量 (BPB 染色法)

〔第3図〕は工場作業員の通勤直後尿の尿蛋白量について通勤方法、通勤距離別の分類を行つたものである。何れの地区でも尿蛋白量は徒歩、自転車、単車の順であり、この順に労働量の多い事実と併行

第2図 職場別蛋白排泄量



第3図 通勤距離及び通勤方法別尿蛋白時間排泄量 (B. P. B 染色法)



する。

徒歩別に比較すれば、距離 3.5 km の三庄は、1.5 km の土生よりも明かに尿蛋白量が大きく、自転車群に於いても多少の例外があるが、一応は距離の大である程尿蛋白量は大きい。

バスは始発時に満員となる為に、腰をかけられる始発時の地区(重井)の尿蛋白量は少ない。

以上の如く、この造船所では通勤距離が極めて大である為に、作業前に既に疲労の傾向が現われていることは注目すべきことである。作業中における能率増進、災害の予防を行う為には積極的に通勤方法を改善することが一つのよい解決法であることが推定される。

考 按

尿蛋白による疲労測定法は運動性蛋白尿を比較的

軽労作である産業疲労に応用したものであり、従つて尿蛋白の定量は極めて鋭敏な方法を用いねばならぬ必要がある。その為に従来人血清抗体の上に疲労尿を重層する方法が用いられた⁹⁾。蛋白に対するこの方法の感度は Sulfosalicyl 酸の20倍であるが、測定操作が比較的煩雑な欠点がある。Sulfosalicyl 酸を用いる方法(石川氏法⁹⁾、Kingsbury 氏法¹⁰⁾、Exton 氏法¹¹⁾) はやはり尿蛋白に対する感度が悪く、作業場における如き中等度の作業による疲労測定には不適當である。

濾紙 BPB 染色法は尿蛋白を濾紙上において昇承で固定し、BPB で染色する定量法であるが尿を定量前に濾紙上に固定する為に尿が濾紙上で濃縮されるので尿微量蛋白の定量が可能である。

更に作業場に応用する場合は測定操作が簡便でなければならない。本法は濾紙上に於けるほぼ 100 個の Spot を一つのバットの中で染色、脱色操作が一時に出来るので、多数の試料が一度に操作出来、且つ尿を Spot して乾燥させた濾紙を郵送しやすいので、実験室で各工場の全試料を一時に定量するに便利である。

本法による疲労測定及び疲労管理は造船所の如く重筋作業の多い工場では極めて有効であり、特に過労の者を選び出して休養させる疲労管理方式に極めて有力な方法を提供したと考える。

然し乍ら、作業後蛋白の多い場合には腎疾患による者と過激な労働の結果による者とを問診及び内科診断によつて区別する必要がある。

尿蛋白と疲労感との関係については従来研究は行われていなかったが、今回の研究では意志、感覚、情緒などの障害主訴数よりも、身体障害主訴数の方が尿蛋白量と相関の深いことが明らかとなった。

造船所に於ける疲労測定については Donaggio 反応による高木等の報告¹²⁾ があるが、現在における作業工程は当時と相当異つており、例えば鉸鉸作業は現在電気溶接作業に代つている。

私共の成績は造船所の各職場において疲労度の差

異が相当に認められ、これに応じた疲労管理及び衛生管理を行わねばならぬことを指摘したものである。然し乍ら、造船所のある職場は作業度が時期によつて変動し、例えば艤装作業のみは冬期測定時には12番目に位する尿蛋白排泄量であつたものが、修理船の多い夏期には第1位に位した結果の如く、この職場には特に各時期に疲労測定を行わねばならぬ必要のあることを示すものとする。

通勤疲労は現在重要視されているに拘らず、フリツカー値以外の測定例はないようである。本法により、運動量の多い通勤作業尿蛋白量が多い事が明かになり、本法によりある程度通勤疲労の測定が可能であることが明かとなつたが、その理由として通勤疲労は殆んど運動疲労の為であるとする。亦この造船所では通勤直後に相当の疲労があるので通勤方法を改善する必要があると考える。

結 論

私共は筆者の1人緒方の考案した濾紙 BPB 染色法(濾紙 Spot Test)を用い、某造船工場全員1039名に就いて疲労検査及びこれを用いる疲労管理方式の研究を行い、以下に示す如き成績を得た。

- 1) 作業後の尿蛋白量は電気、鍛造、銅工、鋳物、

酸圧の順であり、作業量が多いか、又は高温作業の職場ほど蛋白量は多い。

- 2) 本法を用い、作業後尿蛋白の量が0.25%以上のもを check して休養させると言う工場疲労管理の方法を考案し、有効な成績を得た。この方法は無自覚性腎疾患のスクリーニング法を兼ねることが出来る。

- 3) 作業前後における尿蛋白排泄量の比較では一般に作業後に尿蛋白量の多い傾向が認められた。この成績は造船作業が一般に重筋作業である為と考えられる。

- 4) 本法は通勤疲労の定量に極めて有効であり、同一地域では徒歩、自転車、単車の順に尿蛋白が多く、且徒歩では通勤距離の大なる地域尿蛋白量が多い。

稿を終るに当り、御指導を賜つた故大田原一様教授並に種々御便宜を頂いた日立造船因島病院長石原貫一先生に謹んで謝意を表します。

(本論文の要旨は昭和36年4月、第34回日本産業医学会総会シンポジウムで発表した。)

文 献

- 1) 緒方正名; 日本衛生学雑誌, 13(5); 68, 1958.
- 2) 緒方正名; 産業医学, 3 (3); 156, 1961.
- 3) 南勝一; 岡山大学教育学部研究集録, 7; 29, 1959.
- 4) 南勝一; 同誌, 9; 47, 1960.
- 5) 南勝一; 同誌, 10; 45, 1960.
- 6) 南勝一; 同誌, 11; 60, 1961.
- 7) 産業疲労委員会; 産業疲労検査の方法, 労働科学研究所, 東京, 1952.
- 8) 緒方益雄, 大田原一様, 岡村岩男; 疲労判定法, 61, 学術会議疲労研究会編, 創元社, 1947.
- 9) 石川知福; 疲労判定法, 72, 学術会議疲労研究会編, 創元社, 1947.
- 10) Kingsbury-Clark; J. Lab. Clin. Med., 11, 981, 1926.
- 11) Exton; J. Lab. Clin. Med., 10, 722, 1925.
- 12) 高木豊; 岡山医学会第56回総会, 1945.

A Study on Fatigue Conditions and Fatigue Control Method in
a Certain Shipbuilding Company by Means of Filterpaper
BPB Staining Method

By

Masana OGATA

Akira MATSUDA

Department of Public Health, Okayama University Medical School

Authors' Abstract

By means of the filterpaper BPB staining (filterpaper spot test), a method devised by Ogata, one of the authors, we studied the conditions of fatigue as well as fatigue control method on 1,039 workers in a certain shipbuilding company, and obtained the following results.

1. The amounts of protein excreted in the urine proved to be in the order of electric technicians, forgers, blacksmiths, coppersmiths and those handling oxygen compressors, demonstrating that the heavier the work the greater is the amount of protein excreted in the urine.

2. After checking the urinary protein contents by this method, we established a method of fatigue control in which we gave a rest for those who showed the urinary protein content of over 0.25%, and obtained fairly satisfactory results. This method serves as a screening test for nephritic patients without apparent objective symptoms.

3. In comparing the amounts of urinary protein before the work with that after the work, generally the urinary protein tended to increase after the work. This seems to be due to the fact that the work in the shipbuilding factory is in general a heavy muscle labor.

4. This method is quite excellent in determining the fatigue due to commutation, and it has been clarified that in the same locality the urinary protein contents are found in the order of those who commute on foot, those by bicycle and those by motorcycle, descending in that order. And in the case of those who commute on foot the longer the distance covered, the greater is the urinary protein content.
