調査報告

有機溶剤に曝露された塗装作業者の 自覚症および血液所見等

山 野 優 子*, 徳 武 智 子*, 香 川 順*
石 津 澄 子**

SUBJECTIVE SYMPTOMS AND BLOOD FINDINGS IN PAINTERS EXPOSED TO ORGANIC SOLVENTS

Yuko YAMANO,* Tomoko TOKUTAKE,* Jun KAGAWA*
and Sumiko ISHIZU**

Subjective symptoms and blood findings were studied in 16 construction workers and 30 vehicle repairmen using organic solvent and compared to 30 workers who were not exposed to organic solvents.

A statistically significant increase was observed in the prevalence of subjective symptoms, serum phospholipid, lipoprotein fraction and IgE level in construction workers and vehicle repairmen.

A statistically significant decrease in neutrophils function was observed in construction workers.

Key words: organic solvent; construction worker; neutrophils function; serum lipoprotein; IgE

I. は じ め に

塗装作業は多くが下請け作業によって行われ、作業
者に対する十分な衛生教育もなされない状態で実施され
ているのではないと思われる¹⁾。

著者らは、某建設会社の下請けの塗装作業をしている
建設労働者、また、環境条件、作業条件の比較的整備さ
れたところで塗装作業をしている自動車修理工について
健康調査をする機会を得たので、これらの成績について
報告する。

II. 調査対象者

調査対象は塗装作業に従事する建設労働者男子 16 名
と、自動車修理工男子 30 名、対照群として有機溶剤を
扱っていない主に事務系の仕事に従事している男子 30
名である。

これらの対象者の年齢、身長などは Table 1 に示すご
とくで、各群の平均値に有意差はみられなかった ($\chi^2=$
1.47)。

ただ、1 日の喫煙本数は対照群に比べて自動車修理
工、建設労働者の順にやや多かった。

飲酒歴は、対照群に比べて自動車修理工は短く、建設
労働者は長い傾向にあったが、有意差はみられなかった
($\chi^2=1.93$)。

III. 調 査 方 法

作業条件（曝露防止設備の有無、使用溶剤名、溶剤の
用途、作業歴、作業時間）および自覚症状に関する質問
票を用いて調査した。

血液および尿を採取し、以下の検査を行った。血液検
査項目は、赤血球数、白血球数、血色素量、ヘマトクリ
ット値、白血球分画、全血比重、好中球機能検査として
の NBT 還元能試験 (nitroblue tetrazolium reduction
test)²⁾ である。血清生化学的検査のうち、GOT, GPT,
総コレステロール (TC), HDL-コレステロール (HDL-
C), 中性脂肪 (TG), 低比重リポタンパク (LDL), 超
低比重リポタンパク (VLDL), カイロミクロン (CM),
リン脂質 (PL), 遊離コレステロール (FC), 遊離脂肪

* 東京女子医科大学衛生学公衆衛生学教室

** 労働科学研究所

平成 2 年 7 月 11 日受付

* Department of Hygiene and Public Health, Tokyo
Women's Medical College

** The Institute for Science of Labor

Received for publication, July 11, 1990

Table 1. Characteristics of the groups using organic solvents and control group.

	Control group (n=30)		Groups using organic solvents for painting			
	Mean	Range	Vehicle repairmen (n=30)		Construction workers (n=16)	
			Mean	Range	Mean	Range
Age	33.5	21- 55	35.4	21- 61	34.9	18- 55
Height (cm)	169.0	160-178	167.8	160-178	167.8	153-180
Weight (kg)	63.2	49- 74	59.8	50- 80	62.1	50- 90
No. of cigarettes (No./d)	10.0	0- 50	12.7	0- 30	15.2	0- 40
Drinking habits (yr)	10.6	0- 30	8.6	0- 25	16.3	0- 35

酸 (FFA), IgG, IgM, IgA は、オートアナライザーで測定し、IgE は RIA 法³⁾ で測定した。なお採血は早朝空腹時とした。

尿検査は、尿タンパク (UP) と尿ウロビリノーゲン (UG) の定性試験と、一部の建設労働者については塗装作業前後の尿を採取し、トルエン、キシレンの尿中代謝産物を高速液体クロマトグラフィーで測定した。高速液体クロマトグラフィーの条件として、カラムはステンレス製の μ Bondapak C₁₈ (Waters 社製)、移動相として、KH₂PO₄: CH₃OH: CH₃COOH (75:25:0.2) を使用し、紫外部 254 nm で検出した。

また、使用していたシンナーの含有成分はガスクロマトグラフィーで測定し、各成分の割合 (W/W%) を算出した。ガスクロマトグラフィーの条件として、カラムは chromosorb W. AW. DMCS (60~80 メッシュ) を内径 3 mm 長さ 3 m に充填したものを用いた。キャリアーガスには窒素を用い、流量は毎分 30 ml とした。カラム温度は 60~150°C、試料注入口温度は 150°C とし、検出器は水素炎イオン化検出器を用いた。

IV. 結 果

1) 作業条件

作業条件は、Table 2 に示すごとくで、まず建設労働者についてみると、ビル内での塗装の場合、局所排気装置も換気扇も使用せず、ほぼ密閉状態と思われる室内でスプレーガンによる塗装作業を行っていた。また保護具としての有機ガス用防毒マスクは使用しておらず、保護手袋の着用は 5 人に 1 人くらいで、それも暑さとわずらわしさのためか、すぐにはずしてしまうという状況であった。

これに比して、自動車修理工は局所排気装置や換気扇のいずれかが設置されているところで作業をするか、または屋外で作業をすることが多く、ほとんどの人が有機

ガス用防毒マスクを着用していた。

塗装歴は自動車修理工が 8.7±6.1 年 (0.9~22.9 年)、建設労働者が 11.0±8.9 年 (0.8~30.0 年) で後者がやや長期間であるが有意差はみられなかった。しかし、塗装作業に従事している時間が、自動車修理工は 1 週間に 4~24 時間であったのに対し、建設労働者は 1 週間に 36~48 時間にもなり、後者の方が長時間であった。

2) 使用溶剤

建設労働者が塗料を溶かすために使用していたシンナー 4 種類について、成分を分析してみると、Table 3 に示す結果となった。すなわち、A 以外の 3 種類のシンナーの主成分はトルエンであり、酢酸エチル、MIBK、IPA なども検出された。したがって、作業者は塗装中、これらの混合有機溶剤に曝露されていたことになる。

3) 尿中代謝産物の定量

今回の調査では、16 人の建設労働者の中から 7 人について作業前後の尿を各 1 回だけ採取し、トルエンの尿中代謝産物である馬尿酸と、キシレンの尿中代謝産物であるメチル馬尿酸を分析した結果を Fig.1 に示した。馬尿酸濃度の変化をみると 7 名のうち 3 名は作業前から対照群の平均値 (300.1±184.0 μ g/ml) 以上の高値を示し、この中の 1 名は 1,099.6 μ g/ml の高値を示した。そして、塗装終了後に急増した者が 4 名、やや増加した者が 3 名あり、平均すると約 4 倍増加していた。またキシレンの尿中代謝産物であるメチル馬尿酸濃度は、対照群は定量限界以下であるのに対し、塗装作業者の前値は平均 17.4 μ g/ml、作業後になると 121.0 μ g/ml と 10 倍近い上昇を示した。

4) 自覚症状

自覚症状は、全項目を通して有訴率は建設労働者に多く、特に、『酔った感じ』の訴えが、対照群が 0%、自動車修理工が 10.0% に対し、建設労働者が 81.3% であった。

Table 2. Working conditions of vehicle repairmen and construction workers.

	Vehicle repairmen (<i>n</i> =30)	Construction workers (<i>n</i> =16)
Preventive device		
Closed equipment	23.3%	0%
Local air exhaust	20.0%	0%
Ventilator	56.7%	0%
Protective tools		
Mask	0%	0%
Respirator for organic solvents	93.3%	0%
Protective clothing	0.3%	0%
Protective gloves	66.7%	18.8%
Use of organic solvents	Painting・Washing	Painting・Washing
Constituent of solvents	Toluene	Toluene
	Xylene	Xylene
	Chloroform	MIBK
	Trichloroethylene	IPA
		Ethyl acetate
Period engaged in painting(yr)	8.7±6.1	11.0±8.9
Hours engaged in painting(h/wk)	4-24	36-48

Table 3. Constituents of four kinds of paint thinners (W/W%).

	Ethyl acetate	Isobutyl ketone	IPA	MIBK	Toluene	Isobutyl alcohol	Ethylene glycol monobutyl ether	Mineral spirit	Unknown composition
A	—	—	—	—	—	—	—	100.0	—
B	15.0	—	—	10.0	63.5	6.0	5.0	—	—
C	8.3	9.9	—	4.8	59.3	—	—	—	17.7
D	—	—	46.3	—	53.0	—	—	—	—

また、『鼻、咽喉への刺激感』は、建設労働者と自動車修理工は、それぞれ 50.0% と 26.7%、『頭重感』が 25.0% と 16.6%、『悪心・嘔吐』が 25.0% と 23.3%、『易疲労』が 25.0% と 23.3% であった。

なお、対照群は、上記のほとんどの質問事項に対し、有訴率が 0～数% であった。

5) 血液検査

血液検査結果を、対照群、自動車修理工、建設労働者の 3 群について比較してみると、赤血球数、白血球数、Ht 値、Hb 量は、3 群ともほぼ同じレベルで有意差はみられなかった。

しかし、好酸球は自動車修理工が $3.3 \pm 2.4\%$ で、対照群 ($2.2 \pm 1.4\%$) に比して有意 ($p < 0.05$) に増加し

ており、また建設労働者は $3.6 \pm 3.6\%$ で平均値は増加していたが有意差はみられなかった。その他の分画で注目されたのは、建設労働者に好中球の桿状核が 3.7% みられ、対照群 (1.7%)、自動車修理工 (1.6%) との間には有意差 ($p < 0.005$) がみられた。したがって核形移動指数 (Kothe 指数) も建設労働者で 6.3 となり、核の左方移動があった。しかし、これ以外に、好中球・リンパ球比である N/L 比などの白血球分画には注目すべき変化はみられなかった。

次に NBT 還元能試験の結果をみると、Fig.2 に示すごとく、対照群が平均 $33.5 \pm 12.0\%$ であるのに比し、自動車修理工では $32.9 \pm 8.3\%$ で両群間に有意差はみられなかったが、建設労働者では $19.8 \pm 16.1\%$ と対照群

Fig.1. Concentrations of urinary hippuric acid and *o,p*-methyl hippuric acid before and after work.

Fig.2. NBT reduction rate of neutrophils among control groups, vehicle repairmen and construction workers.

に比し有意 ($p < 0.05$) に低く、機能の低下が認められた。

6) 血清生化学検査

Fig.3 の左側には、全血比重 (Gb)、赤血球数 (RBC)、尿タンパク (UP)、尿ウロビリノーゲン (UG)、GOT、GPT の結果および改正前の有機溶剤中毒予防規則に基づく判定基準⁴⁾で異常値を示した者の割合を図示した。自動車修理工および建設労働者の 3.3~6.7% に異常値を示す者がみられたにすぎなかった。次に Fig.3 の右側に示した血清生化学検査結果、TC、HDL-C、TG、LDL、

VLDL、CM、PL、FC、FFA、IgE の異常率をみると、いずれの項目も建設労働者に高率にみられた。

この中で HDL-C や TG などは、対照群にも異常値を示す例がみられたが、その他の項目、特に VLDL や CM、PL、IgE などの異常は建設労働者に高率であった。

また、Table 4 は各免疫グロブリンの値を示したもので、IgG、IgM、IgA 値は各群で有意差はみられなかったが、IgE 値は、対照群が 95.2 IU、自動車修理工は 236.6 IU、建設労働者は 312.5 IU で、後二者の平均値は高値を示し、建設労働者では対照群との間に有意差 ($p < 0.005$) がみられた。

V. 考 察

某建設会社の下請け作業場で、換気の悪い建造物の内部で、保護具の装着もせずに塗装作業をしていた建設労働者と、環境条件の比較的整備されている自動車修理工について、血液検査などを行い、有機溶剤の生体影響を検討した。

両群の使用していたシンナーの成分は 5~6 種類の有機溶剤からなる混合溶剤からなり、主成分はトルエンであった。

建設労働者は、これらの混合溶剤と塗料を混和して調製したものをスプレーガンに入れて吹き付ける作業をしていて、換気の悪い空間はたちまち塗料のミストで前方がみえなくなるほどであった。このような環境下で作業をしていたためか、『鼻、咽頭への刺激感』や『酔った感じ』の有訴率が高くみられた。しかし、同じ塗装作業をしていてもダクトや換気扇の設置下で作業している自

Fig. 3. Abnormality rates for blood examinations among control group, vehicle repairmen and construction workers. □ Control group, ▨ Vehicle repairmen, ■ Construction workers.

Table 4. Immunoglobulin levels among the three groups.

	Control group (n=30)	Vehicle repairmen (n=30)	Construction workers (n=16)
IgG (mg/dl)	1,227.0±210.2	1,325.0±256.1	1,279.0±239.4
IgM (mg/dl)	123.3± 51.2	121.9± 52.8	144.0± 44.7
IgA (mg/dl)	230.5± 92.8	217.7± 83.9	244.1± 95.5
IgE (IU)	95.2±135.3	236.6±438.0	312.5±316.9*

* $p < 0.005$ as compared with the control group.

自動車修理工の有訴率は、10～26.7%であった。

建設労働者の尿中のトルエン、キシレンの代謝産物を分析してみると、7例中4例が作業後に急増し、その中の1例は作業前値がすでに1,000 $\mu\text{g}/\text{ml}$ を越えていた。つまり、前日の曝露がいかに高濃度であったかが推測された。事実、尿中馬尿酸濃度から気中トルエン濃度を推定^{6,7)}してみても平均で41 ppm、最高で118 ppm程度のトルエンに曝露された可能性がある。検知管による作業環境中のトルエンの測定でも110 ppmが測定された。また、キシレンの代謝産物であるメチル馬尿酸も同じ傾向で、対照群では定量限界以下であったのに対し、建設労働者は前値で50 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 以上も検出された例があり、作業後には200 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 以上を示していた。この作業者たちは作業終了後、顔や手についた塗料をおとすためにバケツなどにシンナーを入れ洗っていたので、経皮吸収も無視しえないと思われた。

また、赤血球数、Hb量、Ht値、白血球数などは、対照群とはほぼ同じレベルで有意差はみられなかったが、白血球の分画像をみるとばらつきは大きい。建設労働者、自動車修理工の両群ともに好酸球がやや高い傾向を示していた。これと似た現象を竹内ら⁸⁾は、トルエンに連続曝露させたラットについてみだし、好酸球が増加

した後に減少したことを報告している。

また、Greenburgら⁹⁾は、トルエン慢性中毒患者のリンパ球が増多していることを報告しているが、我々の調査結果ではN/L比には変化はみられなかった。

また好中球の核分画をみると、建設労働者の場合、桿状核が3.7%と多く、対照群との間に有意差($p < 0.005$)がみられ、核の左方移動がみられた。このように、白血球数が特に増加していないのに、なぜ核の左方移動のような現象がみられたかは明らかではないが、好中球に何らかの機能変化が起こっているのではないかと考えられた。

好中球は、微生物や異物その他を貪食して生体防御作用があるが、その中には貪食したものを殺菌処理する力の強いものと弱いものがある。この殺菌貪食能の強弱を知る一つの方法としてNBT還元能試験²⁾がある。

そこで、有機溶剤曝露の白血球貪食能への影響を調べるため、NBT還元能試験を行った。その結果、建設労働者の還元能の平均値は19.8%で、対照群の33.5%に比して有意($p < 0.005$)に低値を示した。さらに、10%以下の低値を示す例が対照群や自動車修理工にはみられなかったのに比し、建設労働者の場合は16例中7例(43.8%)みだされた。つまり、高濃度の有機溶剤に

繰り返し曝露されると、白血球数は減少していないのに、食食能は有意に低下しているという結果が示された。Bansagi¹⁰⁾もトルエンに曝露されていたプリント作業者の白血球食食能が低下していたことを報告し、松下¹¹⁾も、アセトンヒトに曝露して白血球の墨粒食食能を検査し、アセトン単一曝露においても著明な食食能の低下が起こることをみだしている。また、Moszczynski¹²⁾は、ベンゼン、トルエン、キシレンなどを含む有機溶剤取扱者について、その曝露(労働)期間とNBT還元能試験との関係を観察し、有機溶剤曝露の初期の段階では適応が生じNBT還元能は増加するが、長期間の曝露になると、逆に好中球の機能低下が起こることを示唆している。

血清の生化学的検査結果をみると、GOT、GPTなどに異常値を示す例は少なかったが、VLDLやLDL、CM、PLなどに高値を示す例が建設労働者に多いのが注目された。この理由は明らかではないが、緒方¹³⁾は、トルエンがCM、ついでリポ蛋白に結合すると報告し、トルエンが体内でこれらの脂質に何らかの影響を与えていることが推測された。免疫グロブリンの値は、IgG、IgM、IgAなどは対照群との間に差はみられなかったが、IgE値は建設労働者と自動車修理工に高値で、特に建設労働者の値は対照群の3倍以上の高値を示していた。これら両作業者は、ウレタン系の塗料も使用しており、硬化剤としてイソシアネート化合物であるhexamethylene diisocyanateが混和されているので、その影響も疑われた。しかし、喘息様症状、鼻炎や蕁麻疹などを示す者はみられなかった。

以上、某建設会社の塗装下請け作業者の健康調査を実施した結果、血清リン脂質やリポ蛋白分画の増加、IgEの増加、好中球機能が低下していることを証明した。これらの所見とシンナーを含む塗料への曝露との因果関係、

さらに、もし因果関係がある場合はこのような所見が持続した場合どのような疾患が発生してくるのかに関しても、今後検討していく必要があると思われる。

健康調査票に関して、ご協力戴きました神奈川県予防医学協会に感謝申し上げます。

文 献

- 1) 山口 裕. シンポジウム1 建設業について. 産業医学. 1989; 31: 529.
- 2) 金井 泉. 臨床検査法提要. 東京: 金原出版, 1983: 268-269.
- 3) 四宮敬介. Radioallergosorbent test (RAST) によるアレルギー診断法. 最新医学 1975; 30: 2213-2228.
- 4) 有機溶剤中毒予防規則第29条.
- 5) 労働省労働衛生課. 有機溶剤管理に関する法制. 産業医学ジャーナル 1985; 8: 5-15.
- 6) 池田正之, 原 一郎. 尿中代謝産物測定法による有機溶剤曝露の評価. 産業医学 1980; 22: 3-17.
- 7) 緒方正名, 武田和久. 工業化学物質のヒトにおける生物学的モニタリング. 東京: 同文書院, 1987: 98-106.
- 8) 竹内康浩, 田中豊穂, 松本忠雄, ほか. トルエン曝露時の間脳-下垂体-副腎皮質系の反応に関する実験的研究. 産業医学 1972; 14: 543-553.
- 9) Greenburg L, Mayers M, Heimann H, et al. The effects of exposure to toluene in industry. J Am Med Assoc 1942; 118: 573-578.
- 10) Bansagi J. Effect of toluene on the phagocytic activity of white blood cells in printers. Munkavedelem 1968; 14: 26-28.
- 11) 松下敏夫, 吉宗純子, 井上 俊, ほか. アセトンの許容濃度決定に関する実験的研究. 産業医学 1969; 11: 477-485.
- 12) Moszczynski P, Lisiewicz J. Nitro tetrazolium blue (NBT) reduction and the time of occupational exposure to benzene and its homologues. Haematologica 1983; 68: 689-693.
- 13) 緒方正名. 有機溶剤取り扱い者の健康管理. 産業医学ジャーナル 1985; 8: 4-18.

著者への通信先: 山野優子, 〒162 東京都新宿区河田町 8-1 東京女子医科大学衛生学公衆衛生学教室
 Reprint requests to Department of Hygiene and Public Health, Tokyo Women's Medical College, 8-1 Kawada-cho, Shinjuku-ku, Tokyo, 162 Japan (Y. Yamano)