

コンベア流れ作業者の腰部を中心とした 筋骨格系障害の予防に関する人間工学的研究

奈良県立医科大学衛生学教室

近藤 雄二

ERGONOMIC STUDY ON PREVENTION OF MUSCULOSKELETAL DISORDERS OF THE LOWER BACK IN ASSEMBLY-LINE WORKERS

YUJI KONDO

Department of Hygiene, Nara Medical University

Received July 14, 1992

Summary: The incidence of musculoskeletal disorders of the lower back is high in female assembly line workers. This has posed serious problems in health management at workplaces. We have already pointed out that such health related problems are closely related to working conditions and have advocated the need for ergonomically-based improvement of working conditions for the prevention of occupational diseases. This study was designed to ergonomically determine the optimum working height and the optimum period of work for the relief of muscle stress associated with working postures. A field experiment was undertaken. In the experiment, the body length distribution of workers was taken into consideration.

1. Many of the workers felt that the low working height, high speed of the conveyor-belts and long period of work were the sources of stress. The complaint that the working height was too low was more frequent in tall workers.

2. To determine the optimum working height, conveyor-belts of four different heights, 73, 78, 83 and 88 cm, were prepared and tested. The conveyor-belt of 78 cm in height was best suited for 90 % of the workers, regardless of their statures. When the angle of stooping action and the smooth movement of arms are taken into consideration, a 5-10 cm increase from the current height (73 cm) seemed to be the optimum working height.

3. Shortening the current period of 60 minutes to 20 minutes was found to be desirable.

The above results suggest that introduction of working time management and ergonomically-derived measures in addition to the already advocated health-management plans would be effective for the relief of musculoskeletal disorders.

Index Terms

low back pain, working posture, fatigue, assembly-work, ergonomics

緒 言

製造業において高い生産性をあげる方式の一つにコンベアを用いた流れ作業方式（以下、コンベア流れ作業と

記す）がある。この方式は、1914年にアメリカのフォード自動車工場で採用されたが、これが産業現場への本格的導入の最初であり¹⁾、①生産性の上昇、②品質の安定性と大量生産、③工程の細分化による未熟練者の活用、な

どの利点のため種々の工場へと導入されてきた²⁾。しかし、その反面、①作業内容が極端に単純化されているため、単調な反復作業であること、②作業速度が機械側の条件で規定されることなど、作業者の心身両面への負担が強いという問題点も明らかにされている³⁾⁻⁸⁾。

こうした単純反復動作が持続する作業では、局所的な筋肉を繰り返し使う動的筋労作と、上肢や体幹の姿勢保持にかかわる静的筋労作が共存していることから、近年、特に静的筋労作の持続による慢性筋疲労障害の発症が問題となっている⁹⁾⁻²⁰⁾。そのため産業医学の領域では、単純反復動作の持続する作業にともなって生じてくる疲労や健康障害などの予防策として、時間規制や休息条件の整備、さらに人間工学的な対応策などが講じられてきた²¹⁾。また、1960年代半ばから70年代にかけて、労働省はキーパンチ作業をはじめいくつかの具体的な作業について、筋骨格系障害を予防する視点から、作業方法の見直しや一連続作業時間の規制などを含む頸肩腕障害や腰痛に対する一連の予防基準を示した。1988年に改正された労働安全衛生法では、過度の疲労やストレスに起因する健康障害の対策として、一連続作業時間と休息時間の適正化、作業量の適正化、作業姿勢の改善を通して作業負担の軽減を求める「作業管理規定」が明文化された。労働環境条件の人間工学的な改善と作業負担の軽減は、筋疲労による職業性健康障害の発生を予防する対策のなかで、労働衛生上の重要な課題となっている²⁰⁾⁻³¹⁾。

著者は、洋菓子製造工場の流れ作業者に多発した腰痛や頸肩腕障害などの筋骨格系障害に対して、1980年以来、労働衛生学的な調査研究²²⁾⁻²⁵⁾を通して、健康障害の実態解明とその予防対策の確立のための取り組みをすすめてきた。一連の研究の結果、コンベア流れ作業は、頸部と体幹の前傾をともなった立位姿勢で手・腕をくり返し使うため、局所筋負担が大きいこと²²⁾。これらの負担にともなる頸肩腕部や腰部の症状発現には、コンベア面高などの人間工学的条件の不備や作業時間の長さが強く関与し、更に、年齢要素が増悪要因として絡んでいることを明かにした^{22),24)}。次には、これら研究結果を踏まえて、コンベア作業を模擬的に設定した実験的な検討を行い²³⁾、作業面の高さが適切であっても、時間の経過とともに背腰部筋群の疲労現象が筋電図上で認められることから、負担軽減には一連続作業の時間規制が欠かせないことを示唆した²⁴⁾。職場では、発症者対策に主眼をおいた健康管理体制の充実が図られ、また休憩室の設置や低温に対する環境対策などが実施されてきた(Table 1)。しかし、適正な作業時間の設定や人間工学的な面からの作業改善などの措置は、今後の課題としてなお残されていた。

Table 1. Amelioration of health care service and improvement of working conditions at the workplace (from 1980 to 1985)

Health care	Adoption of regular medical check-ups Stationing of plural industrial medical doctors Organization of medical-care department Employment of nurses
Working hours	introduction of 10-minute breaks
Working system	Introduction of a rotation system
Environment and facilities	Commencement of environmental assessment Adoption of calisthenics Construction of rest room Installation of thermoregulators

本研究は、コンベア流れ作業にともなる疲労や負担の実態を改めて把握した上で、作業者の頸肩腕部や腰部の健康障害を予防するための作業の適正化条件を、人間工学的な視点から検討し、作業負担軽減のための指針を明らかにすることを目的としている。

研究対象及び研究方法

1. 調査対象者の作業概要

調査は、デコレーションケーキやショートケーキなどの洋菓子を製造する工場で実施した。1952年に設立された対象工場では、1968年にコンベア・システムを導入して、カステラの焼成から製品の仕上げまでを一貫製造する工程となった。工場の従業員は、調査時点(1990年6月)で630名であり、その約7割が女性であった。

調査対象者は、洋菓子の製造に従事する作業者のうち、年間を通じて製造される基幹商品を仕上げる工程の女子42名全員とした。年齢は23歳から54歳、平均46.8歳(標準偏差±8.5歳)、平均勤続年数は7.7年(±3.3年)であった。

作業内容は、焼成工程からベルトコンベアで送られてくる10cm四方のカステラ台に生クリーム裝飾を施しショートケーキを仕上げる作業である。作業状況をFig. 1に示したが、前傾姿勢で生クリームの絞り袋を握り続ける動作である。眼とカステラ台との距離は、37~48cmに分布していた。移動する対象物に対する作業は、視線拘束が強く、長時間にわたる姿勢保持が強いられ、また上肢の反復動作が持続するため、腰痛や頸肩腕部の障害が発生しやすいという特徴がある。

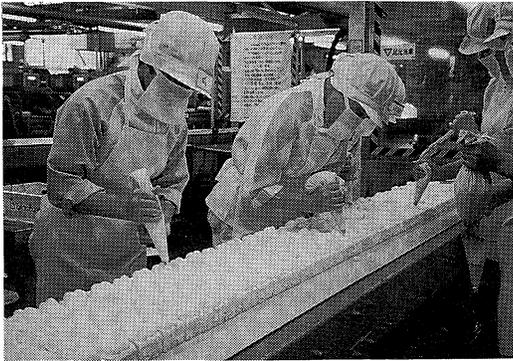


Fig. 1. A view of decorating cakes with funnel-shaped bag on assembly line.

コンベア面の高さは、床_上73 cm。コンベア上を流れるカステラ台の厚みが5 cmであるため、作業対象物の作業点は床_上78 cmとなっていた。コンベアの長さは約40 m、コンベア速度は通常90 m/時間であった。この通常速度では、一時間当たり6000個のショートケーキが生産される。

コンベア作業に従事する作業者の勤務時間は、3つの時間帯から構成されている。すなわち9時から17時までの8時間(実働6時間40分)、午前中の4時間(実働3時間50分)、それに昼食時間帯の90分間(実働90分)勤務であった。休息時間は、午前と午後各10分間あり、昼食時の60分間の休憩は、8時間勤務者のみに認められていた。作業環境条件は、室温が20℃、湿度70%、コンベア面の照度が300 lx、作業者位置における騒音レベルは77~79 dB(A)であった。

2. 調査方法の概要

1). 対象集団の疲労や身体局所症状の実態把握

作業者の疲労感や局所症状の実態を把握するために、疲労自覚症状をしらべ、身体局所症状調査を実施した。

a. 疲労自覚症状調査

疲労自覚症状調査(日本産業衛生学会産業疲労研究会編)は、作業の時間経過に伴う疲労感を把握するために実施した。調査は、連続した6日間とし、調査時点は各調査日の作業前(作業開始時:9時)、午前の休憩時(10時)、昼の休憩時の前と後、および作業後(作業終了時:17時)とした。実施時期は、生産量に変化が少ない時期(6月)を選び、調査前日に予備調査をおこない、調査票の記入に習熟させた。なお、訴え率の差の検定は χ^2 -testを用いた。

b. 身体局所症状の把握方法

定期健康診断時の問診票を用いて、最近の身体状態を

把握した。調査票は、過去1年間の頸肩腕部と腰部症状の有無、および最近1ヶ月間の局所症状などの項目から構成されている。

2). 人間工学的観察及び適正作業条件の検討

筋骨格系の負担軽減のために、作業の問題点や必要な改善領域を抽出する方法として、著者が開発した「作業管理マニュアル」²⁵⁾にもとづいて以下の調査を実施した。①人間工学チェックリストによる点検結果や作業者の身体計測値の相違を考慮した設備条件の評価、作業者自身による作業評価や負担回避のために取り入れている工夫、姿勢分析などの資料収集、②収集データから作業の負担特性や改善方向を明らかにする検討段階、③作業分析、姿勢分析や筋積分値を用い、姿勢負担を評価する段階から構成されている。

a. 人間工学的チェックリスト

筋骨格系への負担との関連で問題となると思われる要因は、チェックリストを用いて作業点検をおこない、作業設備、作業姿勢・動作などの領域の問題点を把握した。ここで用いたチェックリストは、日本産業衛生学会腰痛研究会や日本人間工学会のチェックリスト^{47),55)}などを参考にして、作業の性質に関する5項目をはじめ、作業環境(作業空間・床と危険性、環境要素)、作業姿勢と動作(基本姿勢と動作、頻繁な姿勢と動作、持続的な姿勢と動作)、物の取り扱い(重量物の扱い、軽量物の扱い、道具・工具・機械操作)、時間的要素(時間・密度・小休息)の4分野、9領域の計105項目から構成されたものを作成した。設問に対する評価は、頸肩腕部や腰部の負担から考え、何らかの対策を必要とするかの視点から、5段階の判定とした。

b. 作業者自身の作業評価

作業者自身が作業についてどのような評価をしているかは、質問紙法で調べた。調査票は、コンベア面の高さ、コンベア速度、一連続作業時間(現行60分)などに対する項目から構成されている。

c. 作業者の身体寸法値の算出および作業設備類の寸法値測定

身体寸法値は、身長に対する比率から各寸法を算出する方法⁵²⁾を用いた。調査対象者の身長の実測値から、立位時の肩峰高、肘高頭、上肢長、上腕長、前腕長を求めた。これは、対象集団の5パーセンタイル値および95パーセンタイル値を考慮して、作業者の90%が適合しうる作業条件を見出すためである。

d. 姿勢・動作学からみたコンベア面高と一連続作業時間の検討

被検者は、95パーセンタイル値、50パーセンタイル値

および5パーセントイル値の身長に相当する者を3名選んだ。適正なコンベア面の高さは、作業面高を変化させながら、作業者各々の身体寸法値に適する条件を求めた。検討した作業面高は、現状の73 cmを基準として、5 cmずつ高め、78 cm, 83 cm, 88 cmの4段階を設定した。作業は、それぞれの高さのコンベア面高に5 cm厚みのカステラを流し、10 cm四方の枠に6ヶ所、生クリームを絞り続ける作業とした。コンベアスピードは、通常のコピー速度90 m/時間とした。

適正な一連続作業時間を求めるためには、現状の一連続60分間の作業を、それぞれの身長値の作業者におこなわせて検討した。その際、コンベア面高は現状の73 cmとし、コンベアスピードは90 m/時間とした。作業姿勢は、角度計を用いて頸前傾角度、体幹前傾角度、上肢角度を測定した。頸前傾角は、耳孔と第7頸椎を結ぶ線が垂直線となす角度を求めた。体幹前傾角は、肩峰点と腸稜点を結ぶ線が垂直線となす角度を求めた。腕の角度は、肩峰点、肘頭点、転子点の3点を結ぶ線がなす角度とした。筋活動の指標となる筋積分值は、携帯用生体情報メモリー(竹井機器(株)製)の筋電積算ユニットを用いた。筋電位は、右僧帽筋と第3腰椎部の右脊柱起立筋群から表面電極を用いて誘導した。この筋電位は、積分された10秒毎の値として記録し、評価にあたっては3分間の筋積分值の平均値を用いた。

結 果

1. 疲労および身体局所症状の結果

1). 疲労自覚症状

使用した疲労自覚症状調査票は、その因子構造から10項目ずつの3つの症状群、すなわちI群「ねむけだるさ」、II群「注意集中の困難」、III群「局在した身体違和感」に分けて評価することが知られている。

作業の時間経過とともに群別訴え率の変化をFig. 2に示す。I, II, III群の訴え率の順序関係をみると、作業開始時点から午前の休憩時までは、III群(「局在した身体違和感」)が他の群をうまわまるが、それ以降、作業後までI群(「ねむけだるさ」)が前面にでて、ついでIII群(「局在した身体違和感」)とII群(「注意集中の困難」)が続いた。作業後には、I (22.8%) > III (15.1%) > II (3.2%)の順を呈した。この順序関係はI-dominant型⁵⁰⁾と呼ばれており、種々の作業形態の中で最も多くみられる「一般型」⁵⁰⁾であることが知られている。

30項目全体の訴え率を作業の時間経過との関連でみると、作業前の訴え率は3.9%であったものが、午前休憩時には8.8%、昼休憩前の8.5%に対し、昼休憩後が

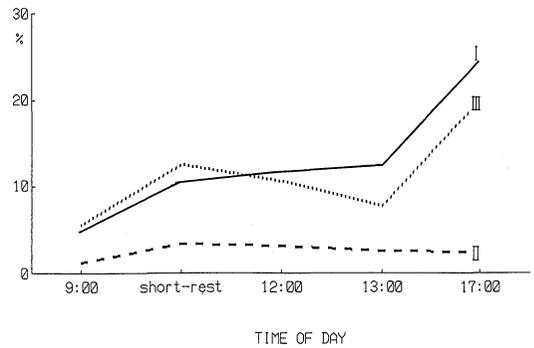


Fig. 2. Hourly variation of subjective feelings of fatigue in assembly line female workers.

- I : Factor of drowsiness and dullness
- II : Factor of difficulty in concentration
- III : Factor of projection of physical disintegration

7.7%、そして作業後には13.7%を示した。作業後の訴え率は、作業前に比べて有意な増加を示した。

各症状項目のなかで、作業前と作業後の訴え率に有意差が認められた項目は、「肩がこる」(作業前17.6%→作業後55.0%)、「目がつかれる」(7.0%→50.0%)、「足がだるい」(9.9%→45.8%)、「腰がいたい」(12.7%→39.2%)、「あくびがでる」(2.8%→30.8%)、「ねむい」(4.9%→26.7%)、「口がかわく」(8.5%→23.3%)、「全身がだるい」(4.9%→20.8%)、「横になりたい」(2.8%→16.7%)、「頭がおもい」(5.6%→14.2%)、「頭がいたい」(4.2%→13.3%)であり、いずれも作業後に増加していた。なかでも作業後の「肩がこる」と「目がつかれる」の訴え率は50%をうまわっていた。

昼休憩前と昼休憩後の訴え率に差が認められた項目は、「足がだるい」(前35.9%→後19.7%)、「肩がこる」(前39.3%→後26.2%)と「ねむい」(前9.7%→後25.4%)、「あくびがでる」(前7.6%→後17.2%)であった。「足がだるい」と「肩がこる」が休憩によって訴え率が減少する休憩効果が示されたのに対し、「ねむい」と「あくびがでる」項目は休憩後に訴え率が増加していた。

以上をまとめると、作業の時間経過とともに疲労自覚症状訴え率は高まり、疲労症状の構成成分からみると「ねむけだるさ」群の訴え率の増加が著しく、また身体部位の症状からなる「身体の違和感」群も増加していた。作業後の肩こりや目のつかれ、腰と足のだるさや痛さなどの訴え率の程度は、疲労対策の上で全身的な休養や局所負担の軽減を必要とする水準にあると考えられる。

2). 最近の身体局所症状

過去1年間に頸肩腕部や腰部の症状が数日間以上にわ

たって持続した者は、「よく」あったが19.4%、「ときどき」あったが33.3%であった。「ときどき」と「よく」を合わせた率は44.9%であり、作業者の半数近くが持続する局所症状を経験していた。その際の症状部位は、上肢あるいは背腰部のどちらかを挙げた者よりも、両者の部位を挙げた者が多くなっていた。頸肩腕部や腰部の症状のために実際に医療機関で診断、治療を受けた者は、35.7%であった。また、最近1ヶ月間の身体局所症状の「だるさと痛み」の訴え率は、頸が55.6%、肩が58.3%、腕が35.8%、背中が30.5%、腰が30.8%であった。そのなかで「痛み」の訴えは、腰(19.4%)と腕(16.4%)で高率であり、「だるさ」の訴えは頸(50.0%)と肩(50.0%)に高率となっていた。

2. 作業の人間工学的な問題点

1). 人間工学的な作業の点検結果

対象作業の基本的特徴は、「10 Kg 以上の重量物の取り扱い」はほとんどなく、「立位系の姿勢」を基本姿勢としており、「作業点」も腰部付近での変化はすくないが、「作業スピードが速く」、「慎重さが求められる」作業であり、「頸部、体幹」などの拘束性が強く、「腕や手指」では細かい反復動作が持続する、とまとめられた。これらの特徴からみて、精神緊張と共に姿勢負担が強い作業であることが示されているといえよう。また「作業環境」、「作業姿勢と動作」、「物の取り扱い」、「時間的要素」の4分野にわたる問題点の指摘率は、「時間的要素」に関する対策の必要性が最も高く、ついで「作業姿勢と動作」に関する事項となっていた。各分野をさらに分けて、9領域別の対策の必要性の指摘率を Fig. 3 に示した。作業姿勢に関する指摘は、頻繁な姿勢よりも持続姿勢の指摘率が高くなっている。項目別の問題点をみると、時間的要素に関する項目では、短いサイクルタイムが持続することに起因する作業の追われと小休息の取りにくさが指摘されていた。また、作業姿勢と動作に関する項目では、持続的な体幹前傾姿勢が継続していること、その体幹前傾姿勢がコンベア面高に強く規定されていることが指摘されていた。なお、上肢に関しては、肘を中空に固定した状態で絞り袋の保持および絞り出し動作が繰り返されることによる上肢負担が指摘されていた。

2). 作業員自身の作業評価の結果

作業員自身の作業に対する評価は、「コンベア面の高さ」について「低すぎる」が17.1%、「コンベア速度」が「速すぎる」が2.9%、「一連続作業時間(現行60分)」が「長すぎる」が11.4%であった。これらのうち、コンベア面高に関する指摘は、身長との関連性が強く認められた。Fig. 4 は、コンベア面高が「低すぎる」という指

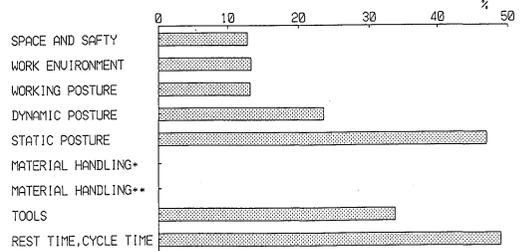


Fig. 3. Results of ergonomics checklist analysis on assembly line work and workplace. (9 categories)

Checklist consisting of 4 chapters and 105 items.

* : Heavy Material (10kg ↑)

** : Light Material (10Kg ↓)

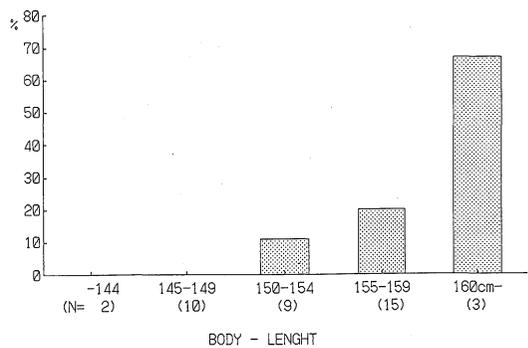


Fig. 4. Complaint of "working height is too low" (by body length).

摘率を身長との関連で示したものである。身長が高いほど指摘率が高まり、作業面高の低さが姿勢負担に強く関連していることが明らかにされた。

3). 作業員の身体寸法値からみたコンベア設備の適合性

調査対象者の身長は、141.0 cm から 163.0 cm の分布を持ち、平均身長が 152.3 cm (±5.3 cm) であった。5 パーセント値の身長は 143.0 cm, 50 パーセント値の身長が 152.0 cm, 95 パーセント値の身長が 159.0 cm であり、これら身長値から算出した主な身体寸法値(3 cm の靴厚を加えた値)は Fig. 5 に示す通りである。この図に示した作業員の姿勢は、自然な立位で肘関節を直角に屈曲した状態である。体軸から作業対象までの距離は 23~42 cm であり、それに対し前腕長は 37~42 cm の範囲であった。これは、水平面の作業対象位置が各身長層の作業員の上肢作業域内に設定されていることを意味しており、身体寸法からみた問題はないと考えられる。

床から肘までの高さは、91.5~101.4 cm であり、コンベア上の作業対象面との差が13.5~23.5 cm となっていた。コンベア面の高さを身長に対する比率であらわすと、5パーセントイル値の身長では50.0%、50パーセントイル値の身長に対しては47.1%、95パーセントイル値の身長では45.1%であった。いずれも身長値の50%

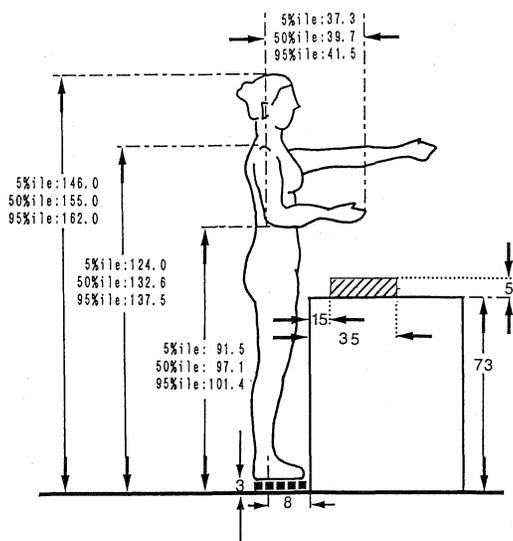


Fig. 5. Work space arrangement and Anthropometric data (of body height of 5.50, and 95%ile's female workers) and the dimension of the workstation in cm.

を下まわっており、身長比55~60%が最適とする推奨値^{(49),(54)}から判断すると、現在の作業面高は低すぎることが示された。

チェックリストの点検結果や作業者自身による作業評価の結果を加味して考えると、現状のコンベア面高は、作業者の身長や作業特性を考慮した設計になっていないことが明かであり、そのことが作業者の筋負担の大きな原因であるといえよう。さらに、その作業が一定時間継続されるため、体幹や上肢の筋負担がより強まる関係になっていると考えられる。

これらの結果は、コンベア面高を人間工学的な視点から適正にすること、それに適切な休息を挿入すること、すなわち一連続作業時間の適正化を図ることが重要であることを示している。

3. 適正な作業条件の検討結果

1). コンベア面高別にみた作業姿勢

作業現場で実験的に設定した4段階の作業面高での作業姿勢と動作を観察した結果をまとめてTable 2に示した。ここで示した角度や距離のデータは、いずれも最頻値であり、肩の挙上動作はその程度と頻度から3段階評価をおこなった。

作業中の姿勢は、Fig. 1に示すように、体幹および頸部を前傾し、上肢を70~110度屈曲して、クリーム袋を保持するものである。現状のコンベア面高では、どの身長層でも体幹前傾姿勢が認められたが、コンベア面が高まるほど体幹と頸部の前傾度は緩和した。

Table 2. Means of observed postural measurements

Body-length cm	Working height cm	Angle of Neck Trunk (Mean°)	Shoulder elevation Degree
143.0 cm(5%ile)	73 cm	72° 15°	-
	78 cm	70° 13°	-
	83 cm	71° 10°	+
	88 cm	62° 10°	++
152.0 cm(50%ile)	73 cm	83° 22°	-
	78 cm	80° 17°	-
	83 cm	70° 12°	-
	88 cm	70° 10°	+
159.0 cm(95%ile)	73 cm	86° 28°	-
	78 cm	84° 21°	-
	83 cm	75° 16°	-
	88 cm	72° 12°	+

Symbols of -, +, ++ : Number of occurrence Shoulder elevation/1 cycle time. (- : 0, + : 1-2, ++ : 3≥),

143.0 cm : Body height of 5% ile's female workers. 152.0 cm : Body height of 50% ile's female workers. 159.0 cm : Body height of 95%ile's female workers.

コンベア面高と作業姿勢との関連を各身長毎にみると、次のようにまとめられる。

① 5パーセンタイル値の身長の場合：現状の73 cmのコンベア面高では、体幹前傾度が15度であるが、5 cm高められた78 cmでは13度、83 cmおよび88 cmでは10度と体幹前傾度が緩和された。頸前傾度もコンベア面が高まると共に緩和された。上肢を前方に伸展する動作や肩の挙上動作は、83 cmの作業面高の段階から観察され、88 cmの高さではそれら動作が顕著となった。この動作は、コンベア面が高まることで、肘の位置が作業面と同等ないしは低位になることが原因となっており、上肢の外転や前方伸展等の動作が加わったためと考えられる。

② 50パーセンタイル値の身長の場合：73 cmのコンベア面高では体幹前傾角が22度であり、コンベア面高が83 cmになると15度以内になった。頸前傾度も現行の作業面高では、83度であった。

③ 95パーセンタイル値の身長の場合：73 cmのコンベア面高では、体幹前傾度が28度とかなり強くなっていた。78 cmでは21度、83 cmでは16度、88 cmでは12度となっていた。頸前傾度も同様に、コンベア面高が73 cmおよび78 cmでは、80度以上の前傾角度が認められた。上肢の外転動作や肩の挙上動作は、コンベア面高が88 cmになった時点から観察された。

コンベア面高を変化させた時の主観的評価で、「最も自分に適している」とした高さは、5パーセンタイル値の身長の方が78 cm、50パーセンタイル値の身長の方が78 cm、95パーセンタイル値の身長の方が83 cmであった。なお、5パーセンタイル値の身長の方は、83 cm以上の作業面高になると上肢負担が強まると指摘していた。反対に、95パーセンタイル値の身長の方は現状の高さでは腰の負担が強く、88 cmの作業面高になると眼との距離が近すぎて不快感が強まると指摘していた。

設定した4段階のコンベア面高のうち、各身長の仕事者の作業姿勢と上肢動作から姿勢負担が最も小さくなる高さ条件を求めると、その作業面高は78 cmであった。83 cmの作業面高では、各仕事者とも体幹前傾角が15度以内になるが、5パーセンタイル値の身長の仕事者では、腕の外転や肩の挙上など、上肢負担を強める動作が認められた。

上肢負担をもたらさない高さ条件を考慮するとともに、腰部負担がより小さくなる15度以内の体幹前傾角度に近づけるためには、現行の作業面高を5 cmから10 cmの範囲で高める条件が最適と考えられる。

2). 現状コンベア面高における一連続作業時間の検討

現状のベルトコンベアを用い、60分間の一連続作業をおこなわせた時の右肩部および腰部筋群の筋積分値をFig. 6に各身長の仕事者毎に示した。

右肩部の僧帽筋群の筋積分値は、作業の時間経過に伴い微増する傾向が認められた。5パーセンタイル値の身長の仕事者は、他の仕事者と比べ筋積分値の増加の割合が強く、作業開始と共に徐々に高まっていた。なかでも、作業開始50分目から60分目にかけて強い高まりが認められ、上肢負担を軽減するためには60分間の一連続作業を短縮する必要があると考えられる。腰部の脊柱起立筋群の筋積分値は、作業の時間経過に伴いその値が徐々に増加していた。なかでも、95パーセンタイル値の身長の仕事者では、作業開始20分目を境にして筋積分値が著しく増加した。腰部筋群の負担を軽減するためには、一連続の作業を筋積分値が著しく増加しはじめた20分前後にする必要があると考えられる。

コンベア速度に対する主観的評価は、各身長の仕事者とも「十分ついていける速さ」だとしていた。また、腕の疲れやだるさよりは、体幹前傾姿勢による「腰部のつ

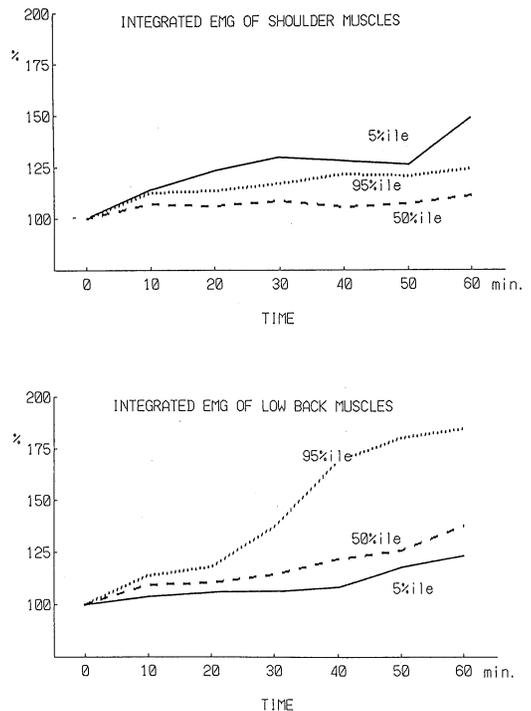


Fig. 6. Change in Integrated EMG of shoulder and low back muscles. (0 minute=100%) shoulder muscles : R. Trapezius low back muscles : R. Erector spinae

かれやだるさ」が「つらい」と指摘した。また、一連続作業時間の長さについては、各身長別の作業者とも現状の60分では長すぎると指摘していた。

現状のコンベア面高では、どの身長層の者でも作業中の体幹前傾姿勢が認められ、身長が高くなるほどその前傾角度が強くなっていた。身長が高い者は、体幹前傾角度の強い姿勢の持続が腰部筋群の負担をより強めていることが筋積分値の結果からも示されており、現状の一連続60分の作業は長すぎ、20分前後に短縮し、小刻みに休息を挿入することが必要だと考えられる。

考 察

産業現場における機械化の進行や技術革新の進展は、労働態様を著しく変貌させた。全身的な動的筋労作は、機械操作に関連した手指などの局所的な反復的動作におきかえられ、頸肩腕部と腰部筋群の静的筋労作を主体とした作業形態に変化してきた^{5)-9),60)}。こうした変化は、筋疲労を基盤とする頸肩腕部と腰部の障害を広範囲の職場で発生させるに至った¹⁰⁾。1950年代に、紙テープやカード穿孔事務機械作業者にみられた手背部の腱の腫れと痛みを主訴とした症状は、その後、金銭登録作業、電話交換手、複写作業、保母、看護婦、流れ作業者などの職種におよび、症状も手背部に限らず、頸肩腕部や腰部の痛みやしびれをはじめとした全身的な症状に広がるという事態をもたらした。また、腰部の障害では、従来は重量物の取扱いや振動ばく露などの外力が加わる作業に限局されていたものが、静的作業姿勢に起因した慢性筋疲労性の腰痛にとって変わられ、様々な職種と職場に腰痛問題をもたらすに至った。産業医学的には、1960年代から大きくとりあげられることになり、各種職場で発生する障害に対しては、腱鞘炎や頸肩腕症候群、あるいはいわゆる腰痛症などの診断名が用いられていたが、従来の成書にみられる疾患名では、作業環境要因が強く関与する病態を診断名の上で明確にするには難点があることから、産業医学の立場から、疾病の発症要因に注目した疾病概念として職業性頸肩腕障害³²⁾、それに職業性腰痛^{33),34)}の用語が新たに提起されることになった。これらの用語は、障害の発症を作業態様や作業条件、作業環境条件などとの関連で把握する立場を明確にした疾病概念として定義されており、医療的対応と共に作業負担の把握とその負担軽減が組み合わされたものになっている^{30),31)}。また、ILO(国際労働機関)とWHO(世界保健機関)は、作業に関連する多要因が関与する疾患を作業関連疾患(work-related diseases)³⁵⁾⁻³⁷⁾として把握し、職場でこれら疾患の予防と管理方策を立てる必要性を強調して

いるが、これら疾患のうち最も重要な疾病として呼吸器疾患、心血管障害と並んで筋骨格系障害が指摘されている。この筋骨格系障害としては、腰痛と頸肩腕の障害が挙げられており、これらの障害の予防対策には人間工学的な作業改善が有効であることを指摘している。

コンベア流れ作業における頸肩腕部と腰部の障害の実態は、弱電機器組立作業³⁸⁾や紙巻きタバコ製造作業³⁹⁾、製靴仕上げ作業⁴⁰⁾、自動車組立作業⁵⁾、その他^{57),58),59)}で報告されている。また、労働省が定期的に全国的規模で実施している労働者の健康状況調査の結果^{41),42)}では、調査時点1ヶ月間の診療経験のうち、「流れ作業従事者」は筋骨格系の疾患で診療を受けたものが生産技能職の中で最も多いことが示され⁴¹⁾、仕事による疲労の訴えや疲労に関連する自覚症状の有訴率も高く^{41),42)}、自覚症状項目の中で肩・首・背中・腰のこりや痛みの有訴率は「流れ作業従事者」に最も高いことも認められている^{41),42)}。本研究でも、流れ作業者は1日の作業の時間経過に伴い「足のだるさ」、「肩のこり」、「腰がいたい」などの疲労症状の訴え率が有意に高まること、また作業者の半数近くが、最近1年間に持続する頸肩腕部や腰部の症状を経験していることが認められていることから、コンベア流れ作業では筋骨格系の負担や障害が一般的な問題として存在していると考えられる。

コンベア流れ作業での頸肩腕部や腰部負担やその障害に対しては、現実の職場では医療的対応者の把握やその対応などの健康管理対策が優先されがちであり、作業改善等の対策が実施された報告例はほとんどみられない。本研究は、洋菓子製造仕上げ工程におけるコンベア流れ作業者にみられた頸肩腕部や腰部の障害の対策を具体的な指針として導いたところに特徴があるが、対象職場で障害が表面化したのは1980年前後であった。当初、頸肩腕部や腰部のだるさや痛みの訴えに対しては、仕上げ作業者の大多数がパート雇用の中老年女性であったこともあり、加齢などに付随する症状としてとらえ、それにもとづいた企業対応がなされていた。しかし、著者らが実施した健康調査^{22),23),24)}を疫学的な視点から検討した結果、作業者の頸肩腕部や腰部症状の有訴率と筋骨格系の症状による通院者率は作業時間の長さとコンベア台などの設備条件に強く関連していることが明らかになり、それ以降、作業負担を軽減するために、調査研究の成果を現場に反映させる措置が取られてきた。

コンベア流れ作業は、「コンベアの歴史は作業姿勢改善の歴史でもある」⁴³⁾と指摘されているように、姿勢負担が強く、作業スピードや作業テンポがコンベア速度に規定されているため、コンベアの高さだけでなく、一連続作

業時間と作業中の小休息の挿入などを組み合わせた条件整備の必要性が指摘されている^{44)~46)}。こうした対策を実施するためには、作業方法や作業設備条件全般を、作業者の特性を考慮して人間工学的に問題がないかどうかを点検することが必要である⁶⁰⁾。こうした点検手段については、人間工学チェックリスト^{47)~49),55)}をはじめ各種の作業姿勢評価法^{50),51)}が考案されているが、本研究ではこれらを参考にして、対象職場の特性に見合ったチェックリストを作成し²⁵⁾、作業観察をおこなった。

チェックリストを用いた点検結果からは、短いサイクルタイムが持続することからくる小休息の取りにくさ、前傾姿勢の持続および上肢の中空保持の持続など、時間的要素および作業姿勢と動作に関連する問題点が抽出された。これらはコンベア面高などの人間工学的な条件整備と時間要素に起因したものであると考えられる。一般的には、作業密度を高める作業速度がコンベア作業の主要な問題だとされている^{3),6),9),43),45),46)}、本研究では、作業員自身の評価をはじめ、チェックリストの点検結果からは主要な問題としては指摘・抽出されなかったため、コンベア速度の検討は今後の課題とした。

適正な作業面高をもとめるためには、作業の性質と作業員の身体寸法値を考慮することが必要である^{52),53)}。少なくとも作業員集団の90%が適合する作業面高を導くためには、作業員集団の5パーセント値の身長と95パーセント値の身長を考慮することとされている^{48),54)}。調査対象者の5パーセント値の身長と95パーセント値の身長は、143.0 cmと159.0 cmであり、その差は16 cmであった。また、立位作業での作業面高は、身長比との関連から55~60%前後の範囲内が好適だと推奨^{48),54)}されているが、この視点からコンベア面の高さを身長比として求めると、大多数の作業員にとって現状のコンベア面高では低すぎる値となる。実際にコンベア面高の高さが「低すぎる」とした作業員はすくなく見られており、身長が高くなるほどこの指摘率が高くなっていった。作業員にとって低すぎるコンベア面高であるならば、身長が高い者ほど作業時の体幹前傾度が強くなるためであり、当然、姿勢負担も強いと考えられる。この姿勢負担は、背腰部筋群が等尺性収縮の状態にあることから、体幹前傾姿勢が持続するほど筋負担が強まることになり、作業面高を適正な高さに設定することと合わせて、一連続作業の時間を短めに区切り、姿勢負担を軽減させることが必要であり、そのためには適切な一連続作業時間の設定が重要となる。

適正な作業面高を求めするために、本研究では現状の高さを基準として5 cm毎に高めた4条件を設定して、身

長層毎に検討した。コンベア流れ作業のように、ある一定の高さ条件に固定した作業台を設定しなければならない作業方式においては、少なくとも90%の作業員に負担の強い前傾姿勢が伴わない条件を設定することが必要であるとされている。こうした考え方から、上肢負担を強めるような動作の出現がないことも考慮して高さの条件を求めると、検討条件の中では78 cmが最適であった。身長比から推奨される値と、腰部負担が少ない体幹前傾角度を確保するためには、より作業面高を高める必要がある。現行73 cmの作業面高を5 cmから10 cmの範囲に高めた条件が腰部負担軽減の上で最適だと考えられた。

また、一連続作業時間の検討には、筋負担の指標としてよく用いられる筋積分値を用い⁵⁵⁾、脊柱起立筋群の表面筋電図を誘導して評価した。95パーセント値の身長以上の作業員では、作業開始20分目から筋積分値が増加する傾向を示し、腰部筋群の筋緊張が強まることが認められていた。身長が高いものほど作業中の体幹前傾度は強くなることが観察されていることから、腰部筋群の負担が強いことを示す結果だと考えられる。このことから、少なくとも作業員の90%にとって適正な条件となる一連続作業時間は20分前後だと考えられた。

以上をまとめると、流れ作業の姿勢保持にかかわる筋負担を軽減させ、腰痛等を予防するためには、作業員の身長等の特性を考慮した適正な作業面高を設定するとともに、20分前後の一連続作業で、こまめに小休息を挿入する作業方式をとることが必要であるとされる。既に対策を講じてきた健康管理対策や作業環境条件の整備とともに、本研究で明らかにした適正化条件が適用されるならば筋骨格系障害発症に対して予防効果ももたらされるものと考えられる。

結 論

対象工場では、腰痛の症状を訴えるものが少なくなく、その中には業務上疾病として補償を受けているものも認められており、職場における健康上の大きな問題となっていた。

本研究では、コンベア流れ作業とその作業員を対象にして、疲労感や局所症状などの身体状態とともに、人間工学的な視点からの調査を実施して、筋骨格系障害の予防策を確立することを目的とした。適正なコンベア面高と適正な一連続作業時間の長さは、作業員の身長などの特性を考慮して導きだした。

1. 流れ作業員の疲労自覚症状の訴え率は、作業開始時から作業後にかけて、肩こりや目のつかれ、腰と足のだるさと痛みが特に増加しており、疲労対策の上で全体的

な休養や局所負担の軽減を必要とする水準にあると考えられた。

2. 最近1ヶ月間の腰の痛みを訴えるものは約2割であり、また1年間に頸肩腕部や腰部症状が持続する経験をもつ者が半数近くおり、とくに職場においては腰痛対策を必要とする問題になっていると考えられた。

3. 人間工学的な作業の点検では、精神緊張と姿勢負担が強い作業との特徴が指摘され、作業時間や休憩時間などと作業姿勢・動作に関連する領域において、対策が必要だと考えられた。

4. 作業者自身が指摘した問題点は、コンベア面高が低い、コンベアスピードが速すぎる、一連続作業時間が長すぎるであり、特にコンベア面高の低さの指摘は、身長と強く関連していた。

5. コンベア面高の格闘では、高さを73 cm, 78 cm, 83 cm, 88 cmの4条件を設定した。その結果、調査対象者に適合するコンベア面高は78 cmであった。体幹前傾角度や上肢動作による負担を考慮すると、現行の73 cmの高さを5 cmから10 cmの範囲に高めた条件が最適だと考えられた。

6. 一連続作業時間の検討では、現行の60分間を20分前後に短縮することの必要性が筋積分値の検討から導き出された。

以上の適正条件を現場に適用することで腰痛などの筋骨格系の症状や障害を大幅に改善する見込みのあることを明確にした。

本論文の要旨は第63回日本産業衛生学会、日本人間工学会第30回大会、日本産業衛生学会第32回産業疲労研究会で発表した。

謝 辞

稿を終えるにあたり、御指導を賜りました山下節義教授、ならびに、御校閲を賜りました本学の森山忠重教授(公衆衛生学教室)、玉井 進教授(整形外科学教室)に対し深謝申し上げます。

また、本稿作成にあたり貴重な助言をいただいた本教室の関 美彦講師にお礼申し上げます。なお、日頃から御指導下さり、本稿を懇切丁寧に査読して下さいました細川 汀先生(前京都市立大学教授)に感謝申し上げます。

文 献

1) 生産管理便覧編集委員会：生産管理便覧一新版一 (1章：生産管理の発展)。丸善，東京，p 1-6，1982。
2) 津村豊治，佐久間章行：作業研究(14：職務設計)。

丸善，東京，p 247-255，1978。
3) 桐原稜見：規制作業と自由作業について一追従作業とBelt-conveyer作業の実験的研究。労働科学 36：621-657，1960。
4) 斉藤 一：単調労働に関する研究(総括)。労働科学 49：47-88，1973。
5) 斉藤 一，遠藤幸男：単調労働とその対策一労働の人間化のために(1章：単調労働の問題化)。労働科学研究所出版部，東京，p 1-12，1977。
6) 岸田孝弥：流れ作業・規制作業の今日的意義一労働負担と作業能率の視点から。日本経営工学会誌。39(6 B)：84-91，1989。
7) Salvendy, G. and Smith, M. J. : Machine pacing and occupational stress(Perspective on work pacing and stress). Taylor & Francis LTD., London, p 1-30, 1981。
8) 冨家 孝：コンベア・システムにおける作業負荷の理論的解析。労働科学 57(11)：553-573，1981。
9) 山田信也：産業疲労ハンドブック(1章3：労働内容の変化と労働負担・疲労の一般的特徴)。労働基準調査会，東京，p 34-38，1988。
10) 前田勝義：頸肩腕障害の発生職場の広がり，その対応上の諸問題。住友産業衛生 第10号：135-143，1974。
11) Punnett, L., Fine, L. J., Keyserling, W M., Herrin, G D., and Chaffin, D. B. : Back disorders and nonneutral trunk postures of automobile assembly workers. Scand. J Work Environ Health 17 : 337-346, 1991。
12) Aaras, A. and Westgaard, R. H. : Further studies of postural load and musculo-skeletal injuries of workers at an electromechanical assembly plant. Applied Ergonomics 18(3) : 211-219, 1987。
13) Andersson, G. B. J. and Ortengren, R. : Assessment of back load in assemblyline work using electromyography. Ergonomics 27(11) : 1157-1168, 1984。
14) Christensen, H. : Muscle activity and fatigue in the shoulder muscles of assembly-plant employees. Scand. J Work Environ Health 12 : 582-587, 1986。
15) Hagberg, H. : Work load and fatigue in repetitive arm elevations. Ergonomics 24(7) : 543-555, 1981。

- 16) **Baidya, K. N. and Stevenson, M. G.** : Local muscle fatigue in repetitive work. *Ergonomics* **31** (2) : 227-239, 1988.
- 17) **Kahn, J. F. and Monod, H.** : Fatigue induced by static work. *Ergonomics* **32**(7) : 839-846, 1989.
- 18) **Magnusson, M., Granqvist, R., Jonson, R., Lindell, V., Lundberg, U., Wallin, L., and Hansson, T.** : The loads on the lumbar spine during work at an assembly line : The risks for fatigue injuries of vertebral bodies. *SPINE*. **15** (8) : 774-779, 1990.
- 19) **Lundberg, U., Granqvist, M., Hansson, T., Magnusson, M., and Wallin, L.** : Psychological and physiological stress responses during repetitive work at an assembly line. *Work-stress* **3** (2) : 143-153, 1989.
- 20) **Wiker, S. F., Chaffin, D. B. and Langolf, G. D.** : Shoulder posture and localized muscle fatigue and discomfort. *Ergonomics* **32**(2) : 211-237, 1989.
- 21) **岸田孝弥** : 産業疲労ハンドブック(4章4 : 流れ作業・規制作業). 労働基準調査会, 東京, p 367-378, 1988.
- 22) **近藤雄二, 佐藤良夫, 高島秀樹, 志岐太一郎, 乾修然, 荒地秀明, 山下節義, 細川 汀** : 洋菓子製造工場の流れ作業者の労働負担と労働衛生的調査研究. *産業医学* **27** : 308-317, 1985.
- 23) **近藤雄二, 荒地秀明, 山下節義** : 規制作業における立位作業姿勢と腰部負担に関する実験的検討. *奈良医学雑誌* **35** : 298-304, 1984.
- 24) **近藤雄二** : 流れ作業の一連続作業時間について. *労働の科学* **42**(2) : 32-37, 1986.
- 25) **近藤雄二** : 腰痛対策のための人間工学チェックリスト—職場でのアプローチ, *労働の科学* **44**(9) : 29-32, 1989.
- 26) **Margaret I. Bullock** : 産業人間工学(3章 : 作業場における筋骨格系疾患). 中央労働災害防止協会, 東京, p 111-114, 1992.
- 27) **Corlet, N., Wilson, J. and Manenica, I.** : The ergonomics of working postures(Postural risk factors and disease). Taylor & Francis LTD., London, p 1-54, 1986.
- 28) **Dul, J. and Hildebrandt, V. H.** : Ergonomic guidelines for the prevention of low back pain at the workplace. *Ergonomics* **30**(2) : 419-429, 1987.
- 29) **Grandjean, E.** : Fitting the task to the man (Muscular work). Taylor & Francis LTD., London, p 1-16, 1981.
- 30) **柳楽 翼** : 災害外科・整形外科科学(IV腰痛 : 職場・作業管理). 医歯薬出版, 東京, p 510-519, 1985.
- 31) **重田定義** : 災害外科・整形外科科学(V頸肩腕障害 : 職場・作業管理). 医歯薬出版, 東京, p 569-604, 1985.
- 32) **日本産業衛生学会頸肩腕症候群委員会** : 昭和47年度日本産業衛生学会頸肩腕症候群委員会報告. *産業医学* **15**(3) : 304-311, 1973.
- 33) **青山英康** : 職業性腰痛(職業性腰痛の提唱). 労働基準調査会, 東京, p 21-26, 1980.
- 34) **大平昌彦** : 腰痛症—労働衛生的概念とその対策. *日本医師会雑誌* **85**(6) : 663-673, 1981.
- 35) **WHO** : Technical Report Series No. 714, 1985.
- 36) **西山勝夫監訳** : 作業関連疾患及び作業関連災害の疫学. 労働基準調査会, 東京, p 56-66, 1991.
- 37) **Batawi, M. A E.** : Work-related diseases. *Scand Work Environ Health* **10** : 341-346, 1984.
- 38) **前田勝義, 平山八郎, 高松 誠** : 紙巻きタバコ製造工場の女子流れ作業者にみられた頸肩腕障害. *産業医学* **19** : 8-20, 1977.
- 39) **前田勝義** : コンベア流れ作業における頸肩腕障害—弱電機メーカーにおける事例. *労働の科学* **29** (10) : 26-33, 1974.
- 40) **細川 汀, 中迫 勝, 三戸秀樹, 近藤雄二, 山下節義, 広沢巖夫, 梅田玄勝** : 流れ作業の労働負担と作業の適正化の検討, *京都府立大学学術報告・人文* **39** : 57-97, 1987.
- 41) **労働大臣官房統計情報部** : 昭和49年労働者の健康状況調査報告. 1975.
- 42) **労働大臣官房政策調査部** : 労働省の健康状況の実態. 労働法令協会, 東京, 1989.
- 43) **清水 亨** : 組立作業におけるマン—マシン インターフェイス. *人間工学* **20**(5) : 273-276, 1984.
- 44) **長町三生** : 職務設計および組織設計の人間工学. *人間工学* **24**(1) : 11-16, 1988.
- 45) **三上行生, 神代雅晴** : 単純繰り返し作業の作業速度設定に関する実験的研究. *人間工学* **18**(2) : 103-110, 1982.
- 46) **神代雅晴, 斉藤和雄** : 単純繰り返し作業の規制条件に関する人間工学的研究. *人間工学* **15**(2) : 97-104, 1979.

- 47) 日本人間工学会チェックリスト検討委員会編：作業の人間工学チェックリスト。日本出版サービス，東京，1968.
- 48) F. ケラーマン，P. ヴァン・ウェリィ，P. ウイレムス編(小木和孝訳)：人間工学の指針。人間工学協会，東京，1975.
- 49) 日本人間工学会標準化委員会：作業システム設計のための人間工学の原則。人間工学 18(6)：333-336，1982.
- 50) 酒井一博：作業姿勢改善のための姿勢解析法。安全 40(6)：15-21，1989.
- 51) **Wilson, J. R., Corlet, E.N. and Menenica, I.** : New methods in applied ergonomics(Assessment of physical and mental workload). Taylor & Francis LTD., London, p 207-278, 1987.
- 52) 小原二郎，内田 兼，上野義雪，八田一利：人体を測る。日本出版サービス，東京，1986.
- 53) 小原二郎 編：人体・動作寸法図集。彰国社，東京，1985.
- 54) **Grandjean, E.** : Fitting the task to the man(The design of work places). Taylor & Francis LTD., London, p 41-62, 1981.
- 55) 日本産業衛生学会腰痛研究会：第 20 回腰痛研究会記録。産業医学 26：90-95，1984.
- 56) 吉竹 博：産業疲労。労働科学研究所，東京，p 21-32，1973.
- 57) **Keyserling, W. M., Punnett, L. and Fine, L. J.** : Trunk posture and backpain : Identification and control of occupational risk factors. Appl. Ind. Hyg. 3(3)：87-92，1988.
- 58) **Suurkula, J. and Hagg, G. M.** : Relations between shoulder/neck disorders and EMG zero crossing shifts in female assembly workers using the test contraction method. Ergonomics 30(11)：1553-1564，1987.
- 59) **Wiker, V. F., Chaffin, D. B. and Langolf, G. D.** : Shoulder postural fatigue and discomfort. Internatl J. Ind. Ergonomics 5：133-146，1990.
- 60) **Thurman, J. E., Louzine, A. E. and Kogi, K.** : Higher productivity and a better place to work. International Labour Office, Geneva, 1988.