

労働形態の変化にみる労働負担と健康

大西 徳 明

(平成 18 年 12 月 4 日受付/平成 18 年 12 月 14 日受理)

要約：労働形態の変貌は、多様な働態を辿っているが、1970 年代後半からのコンピュータ化は、作業姿勢保持における筋収縮を「静的」にする度合いを高くして、労働負担は、雇用形態の変化や長時間労働化などによって労働者の健康保持に多くの課題を顕在化させている。「静的」筋収縮の実証は、筋電図学的に局所筋緊張の継続する形として指摘し、労働生理学的な局所筋の収縮における強度—持久時間から許容される負荷強度は、 $\%MVC10\%$ 以下であること、静的筋収縮は、動的筋収縮と異なる負担過多要因があり、また、反復速度は、急速な筋疲労を生起させる主因になる。筋負担は、農作業動作でもみられ、新しい道具の利用による負担の軽減例についても紹介し、疲れを過大にしない回復を重要視するなどの働き方を替える作業管理と職場環境の人間工学的改善を目指した安全衛生教育が重要である。

キーワード：局所筋負担、反復動作、静的収縮、拘束姿勢、体力、運動器障害

はじめに

日本における労働負担研究は、暉峻義等¹⁾による労働科学研究であり、中心課題が労働負荷の解明である。労働形態の変化は、道具から機械化への変貌であるが、労働科学的には、重量物を運ぶような「全身的肉体労働」から椅子に座り、計器を監視する、あるいは、ベルトコンベヤ上の半製品に部品を組み込むような単純反復化した「頭脳労働」「軽作業化」の様相である。

労働の変化は、エネルギー消費量的には、著しく軽減されたが、神経緊張の継続する細分化された労働負担は、疲労回復を容易にしない側面がある。とくに、1960 年代からの作業方式の変化による労働負担を背景とした労働者の健康保持への影響は、骨格筋系の障害、精神的ダメージ、生活習慣病的な課題を大きくし、歴史的にも明確な過長労働時間や劣悪な労働環境が有害であることを失念したかのような事態である。

この論文では、現代的な機械を前にしての手技的作業における拘束姿勢の局所過重筋負担の実情とそれらが身体的能力に与える影響ならびに農作業における局所筋負担作業の改善試行、それと東北農民の調査例からの労働、健康、体力、余命について概説する。

1. 労働形態の変貌

労働形態の様変わりには、人々の心と身体に大きな影響を与えている。背景には、急速な科学技術の発展があり、社会・経済的作用が関与しているわけであるが、直接的には、労働手段における作用が強いと考えられる。作業方法の機械化は、段階を経て進むが、しかし機械・設備が導入されると、その時点で作業方法が一変する。

仕事の変わり方の一つの象徴的表現は、全身的な肉体労働から座った姿勢での頭脳労働的なものへの変り方である。労働生理学的に見た労働の適正化を見定める労働強度指数としてエネルギー代謝率 (RMR : Relative Metabolic Rate) が古澤 (1935)²⁾ により提唱され、簡易な呼気ガス分析の開発などと合わせて、広く利用され、座る姿勢は、RMR 0.2、案に立つは、RMR 0.3、毎分 70 m の歩く動作は、RMR 2.1 であり、主作業の RMR が 0.9 以下では「軽い作業」、RMR 1~1.9 では「普通の作業」、RMR 2.0~3.9 では「やや重い作業」、RMR 4.0~6.9 では「重い作業」、RMR 7 以上では「非常に重い作業」の強度区分が可能になり、やや重い作業以上では、消費エネルギー量が 2,500 kcal 以上となる。当然ながら RMR の高い作業では、一連続作業時間も短くなり、実働率が低くなる関係となる。つまり、RMR の高い作業は、身体的消耗が激しく、それらの継続は、結果的に主作業からの後退年齢を早める職業者をもたらすと考えられる。

図 1 は、長年エネルギー代謝の現場計測を手がけてきた沼尻³⁾ がまとめたアルミ電解工場の新旧機械化工場における主作業の RMR を比較したものである。旧生産方式では、ポーキサイトの搬入、炉の維持作業などほとんどの作業が、道具を使った人力で行われていた。それが新工場では、材料の搬入は、動力車で行われ、電解炉の維持作業も運転作業となり、高温、溶解したアルミニウムの搬出は、遠隔操作が可能となった。従って、主作業の RMR は、ほとんどが 4 を越えて、7 に達するのも見かけられたが、新工場設備では、RMR 4 以下となったことを示している。

機械化は、加工品・商品の移動がベルトコンベヤ、クレーン、ホークリフトや運轉的な作業となり、作業姿勢は、座位で、上肢を反復使用する作業密度の高い方式となっ

* 東京農業大学名誉教授

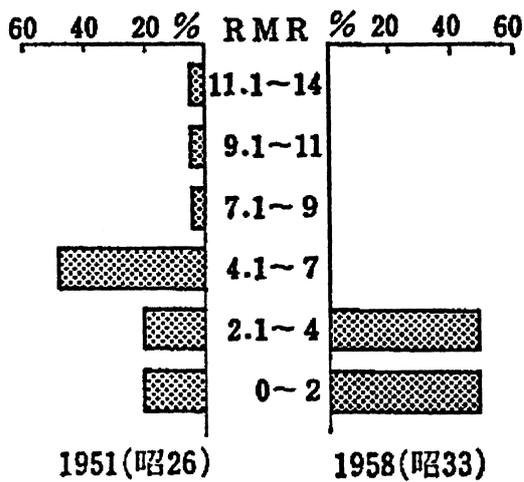


Fig. 1 Frequency distribution of R.M.R. of various operations in electrolysis of aluminium.

た。この上肢を反復使用する作業の典型は、キーパンチ作業やベルトコンベヤでの組み立て作業である。これら作業のRMRは、「極軽作業」の範疇であり、それらが作業者に健康障害をもたらす作業負荷のあることを十分に理解することが出来なかった経緯もある。

この上肢を反復使用する作業負担様相から斎藤(1975)⁴⁾は、「局所過重労働」と表現したが、これには、局所筋の使用過多、静的筋収縮(Static Muscle Contraction)が考えられた。この静的筋収縮の生理学的特徴に関しては、古澤・白井(1938)⁵⁾が、天秤棒担ぎの実験において、呼吸の抑制、ふるえ、激しい筋肉痛の起こる割には、エネルギー消費量が高まらない知見を報告している。

2. 上肢反復動作と静的筋収縮

作業姿勢の主流は、座位姿勢となり、表示機器の注視や一方では上肢の反復使用が多くみられ、作業自体は「軽作業」とみられる。これら作業に従事する女子作業者を中心に「手指・腕・肩・頸・背中・腰」などの身体部位に疲労症状が多く訴えられるようになり、最近では、広範な労働者にみられるようになってきた。これらの疲労症状は、上肢反復作業に従事する者に典型的に現れ、従って、健康上の問題の一つは骨格筋系障害であり、産業衛生領域におけるこの障害の典型は、久保田(1962)⁶⁾、和高(1966)⁷⁾らの報告にみられる「キーパンチャーの腱鞘炎」である。

狩野(1965)⁸⁾はキーパンチャーなどの軽作業下の負担評価には局所疲労状態を解明する負担評価の必要性を指摘しているが、上肢の酷使による障害は、農民の間でも古くから「こうで」「ばね指」といわれ、若月(1960)⁹⁾は、手指や手首を過度の使用による腱鞘炎で、この「使い痛み」は、農繁期にしばしばみられるとしている。

軽作業化の中で、手指の反復使用負担が人々の目に付きやすい作業としてみられたのが日常生活商品を大量に購入するようになったスーパーマーケットの勘定場所でのキヤシュレジスター入力作業であった。至近な作業負担要因には、時間的条件が重要であるが、加えて、作業面高と作業密

度があげられる。作業面高が随時変えられるとすると、高さ条件は、作業対象物への加工法、大きさ、重量、精密さなどにより左右される。キヤシュレジスター入力作業は、顧客がカゴに入れて持ち運んだ商品を左手で取り出して、商品に添付してあるラベルの商品区分番号、商品金額、合計キーを5指全部の使用で操作する。この入力法は、タッチメソッドといわれ、右手第3指を起点として行われ、各指のおおよその使用頻度は、第1指が30.5%、第2指が17.4%、第3指が14.1%、第4指が13%、第5指が25%くらいとなる。手の位置は、キー操作面に指を伸ばすようになるため、キー操作面の角度が小さく、高さは、総じて低い方が前腕部や肩の負担が軽くなるが、低くなりすぎると入力動作がしづらくなる。従って、キヤシュレジスター入力作業の作業面高は、一般的所見の作業者が肘を脇に近くした肘高あたりが適当な高さとなる。そして、古典的なキヤシュレジスターのキー作動力は、1kgを超えるものがあったが、後のキヤシュレジスターのキー作動力は、筋負担軽減のために改良されて200gを下回る押し力で作動する。

キヤシュレジスター入力作業の負担は、お客の待ち時間を出来るだけ短くするために素早い商品の取り扱いと、入力動作である。図2に示したのは、大西(1974)¹⁰⁾らのキヤシュレジスター入力作業2例の筋電図発射パターンと重心動揺である。2名の作業者のうち、左に示した作業者は、右側の作業者より同じ商品量の入力時間は、やや長くなる。その意味では、右側の作業者のタッチメソッドの完成度が高い作業者である。身体動揺の上方への変化は、商品を左手でカゴから取り出し、下方に戻るところで入力をしている。加速度として描記しているのは、作業者の右手甲に取り付けた加速度センサーの波形で、上下への揺れは、入力動作にともなう手の動きを表わしている。筋電図をみると商品を取るところで、僅か前屈みになるため体幹起立筋に発射がみられ、その僅か前に左三角筋が商品を取りに行くための左腕の動きを示す。この三角筋とほぼ同じ程度の筋電図電位をみるのが僧帽筋で、左の作業者では、電位が継続し、右の作業者では、高電位の発射が断続する。これら作業における筋負担の評価は、被検者3例のキヤシュレジスター入力作業中の筋電図電位がテスト最大収縮時の筋電図電位に比べて何パーセントになるかで見定められる。右上肢を保持する前腕伸筋、三角筋、僧帽筋、それに入力動作の指を屈曲するのに関連した前腕屈筋などで、筋力比15~25%の負荷が課せられている。作業動作自体は、上肢を使うものであるが、その作業の迅速さを求められる条件では、身体動揺曲線でも明らかなように全身を揺するような協同的動作で補うような特徴があり、そして実際の作業では、顧客の列ぶ多さや個別の顧客対応の繁雑さの精神的関わりは、負担様相をより強める性格が軽作業化のなかにあるといえる。

西山ら(1973)¹¹⁾によるキヤシュレジスター入力作業の労働負担、ONISHI *et al.* (1973)¹²⁾のCRT入力作業による局所疲労、前田(1975)¹³⁾のボールペンによる複写伝票記入の筋負担など、上肢作業による負担は、軽くないことを示すもので、斎藤(1975)¹⁴⁾は、微細計測動作とスタンプ押し

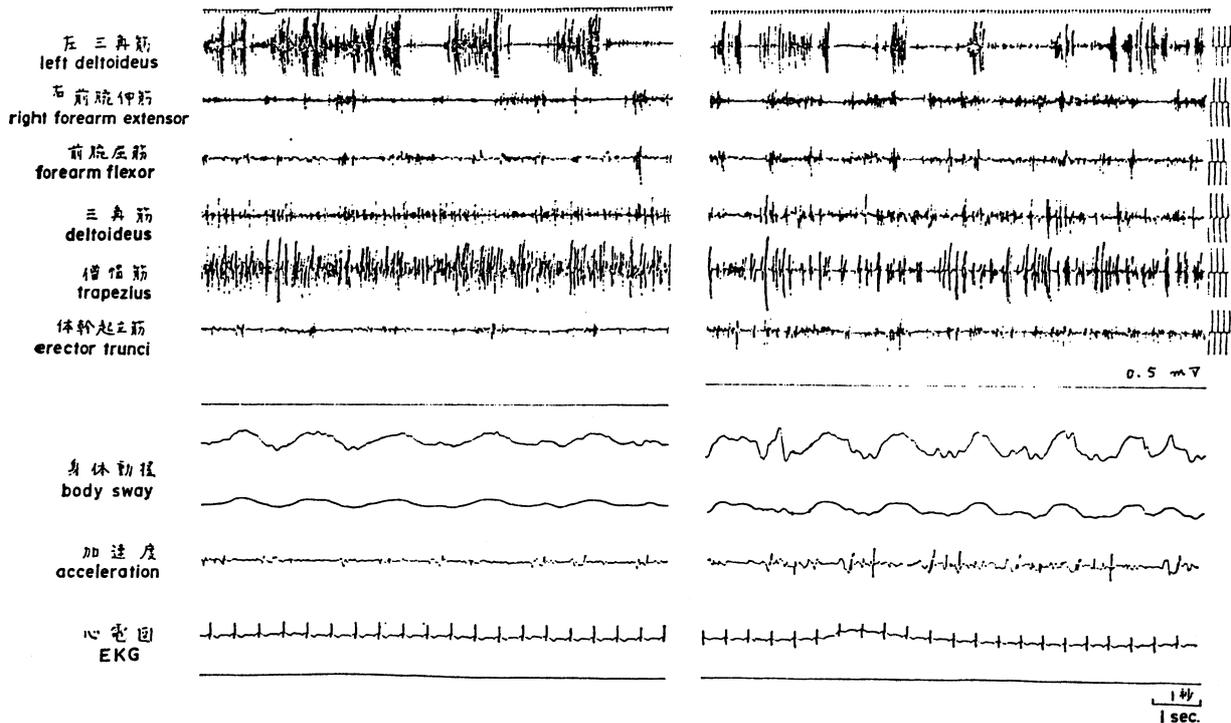


Fig. 2 EMG patterns recorded from arm muscles during cash register operation and shaking of the body recorded by strain changes of the standing platform.

反復動作の実験より、多くの職場で発生した頸肩腕障害の予防や中枢疲労に関して「キーパンチャーの作業管理基準」の遵守、「開放的な作業場環境や職場体育」の必要性を指摘した。また、西欧においては、伝統的な入力作業であるタイプライター作業などは、余裕を持って作業管理されているので上肢動作にともなう負担過多の側面はないとまでいわれてきたが、しかし、BJELLE *et al.* (1979)¹⁵⁾ は、上肢作業による負担で肩の筋疲労が生じることを指摘し、診断や治療管理が困難なこと、HUNTING *et al.* (1980)¹⁶⁾ は作業姿勢により筋負担状況の異なること、ONISHI *et al.* (1982)¹⁷⁾、HAGBERG (1982)¹⁸⁾、CHRISTENSEN (1986)¹⁹⁾、AARAS *et al.* (1988)²⁰⁾ は筋電図計測により、肩に「静的」収縮がみられ、その負担は、軽くないことの報告をみるようになった。

このように上肢作業の負担過多の側面は、体格・民族的差異などに関わりなく地域的広がりがみられるようになった。かかる作業負担の予防対策として労働省²¹⁾ は、各種作業管理基準や指針などの通達を出し、作業管理、環境管理、健康管理の徹底を図るよう提案した。また、三澤ら (1984)²²⁾ や長谷川と神代 (1994)²³⁾ によるコンピュータの普及にともなうVDT作業の一連続作業時間と休憩制に関する実験を通じて作業設計の基本に関わる検討、あるいはHERBERTS *et al.* (1980)²⁴⁾ やMIEDEMA *et al.* (1997)²⁵⁾ が指摘したように人間工学的対策が重要となり、最近ではGRANT and HABES (1997)²⁶⁾ が指摘するように使用する道具の改善など負担軽減のための対策は、より具体的になってきた。

3. 静的筋負担の評価

上肢・手指動作は、全身的躯幹動作に比べて反復速度が

速く、機械化の作業速度に合わせやすく、大きな筋肉群の強い活動を必要としなくなった。従って、製造現場には、若い女子労働者が手先の器用さ、動作の速さが求められ、多くが進出したといえ、1950年代の中学校では、職業適性検査として、指先の器用さをみるペグボードテストが行われたものである。動作の速さの典型は、キータッチにおけるブラインド化やベルトコンベヤの流れる速さであるが、ある電気製品組み立てラインで見られた例では、作業者が前の棚から手際よく部品を取り、スピーディーにエアードライバーで製品を組み立てていく、この組み立て作業者は、いずれも若い女子であるが、ラインの末端では、パートの中年婦人が梱包作業をしていたが、時間が経過すると梱包作業が間に合わず、製品をラインの横に並べ、ラインが止まる休憩時間で処理するようなことで、流れ作業速度の微妙な調整は、生産数にかかわる繰り返し作業性の限界に近い速度としての課題があった。

このような動作の速さやそれを支持する筋群の収縮における収縮強度の許容性に関心がもたれ、従って、静的な筋負担に関する無限耐久限界に関する知見は、1960年頃より、等尺性収縮 (Isometric Contraction) における耐久時間研究が進められ、強度-持久時間関係が議論された。この研究では、最大筋力に対して負荷を何パーセント (%MVC) と表示することで検討された特徴がある。

等尺性筋収縮における強度-持久時間関係は、指数関係となり、%MVC 25%を下回る強度から持久時間が延長することがみられ、ROHMERT, W.V. (1960)²⁷⁾ は、MVC 25%で15分の持久時間の継続を指摘した。

図3には、大西 (1974)²⁸⁾ の握り労作 (Hand Grip) にお

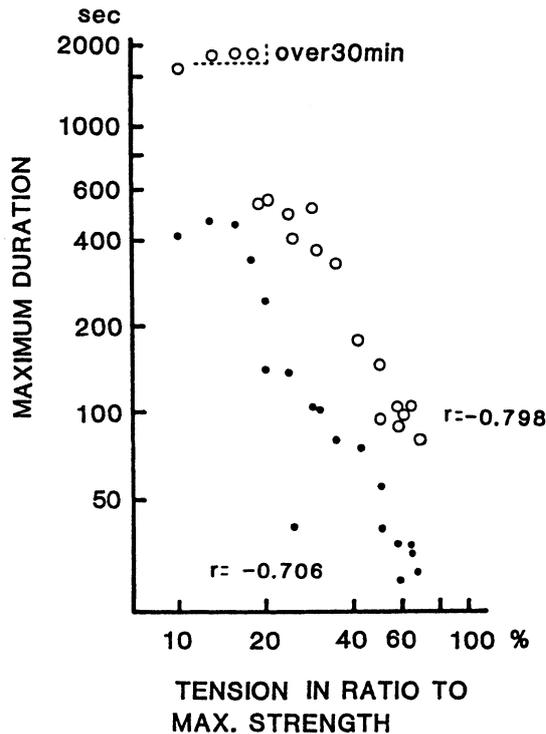


Fig. 3 Maximal duration of sustained hand gripping (○) and time of onset of muscular pain (●) in relation to the tension in percentage of the maximum strength.

ける最大筋力比と持久時間関係を示した。持久時間は、最大筋力比 60% で 80~120 秒、30% 付近では 200~500 秒とかなりばらつき、20% から 70% 間では、両対数図表上ほぼ直線関係となる。そして最大筋力比が 20% を下回るところより持久時間が延長することがみられるが、すべての事例で延長はみられず、黒丸で示した労作中の筋肉痛の発生では、労作開始の比較的早い時間から自覚され、筋痛の程度は、進行して労作継続が耐えられないことになる。この労作における筋痛の起こり方は、握る労作に比べ、手首を進展するような単純な労作筋で筋痛が早く出現させるようで、労作中の微妙な収縮筋の交代などが作用するとみられる。その後、耐久時間に関する多数の実験が行われるが、60 分の筋収縮可能負荷は、% MVC 7.9% であることを BJORKSTEN and JONSSON (1977)²⁹⁾ によって示された。MORIOKA (1964)³⁰⁾、SATO and OHASHI (1988)³¹⁾ は、労作部位別の持久時間比較、OKADA *et al.* (1970)³²⁾ は、腰部障害などに関連した腰部筋の吟味などが行われた。

この等尺性筋収縮では SADAMOTO *et al.* (1983)³³⁾ の知見のように、筋内圧が高まった状態の継続であり、血流が阻害されることになり、筋収縮の継続には、著しく不利な収縮形態となる。特に、動的な筋収縮と比較すると収縮後の弛緩時には、筋血流を促進させることがあるが、筋収縮の継続では、それらが生じないことになり、筋疲労を進行させる。

図 4 には、握り動作における静的収縮時間と収縮-弛緩を繰り返す条件での持久時間を示したものである。当然な

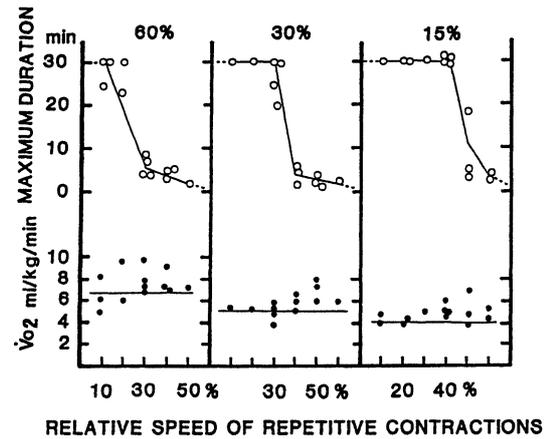


Fig. 4 Maximum duration and oxygen cost in relation to relative speed of repetitive contraction expressed in percentage of the maximum frequency for different levels of hand gripping tension. The horizontal line shows the average oxygen consumption for sustained contraction.

がら収縮強度の大きさは、持久時間を短くするが、そこに収縮を休止する条件を加えると持久時間の延びる効果が想定される。ここに示した負荷強度比は、60%、30%、15%で、反復頻度比は、それぞれの負荷強度比において最大反復回数を計測し、それを 100% と見立てて比率で示した。そして収縮-弛緩比が 1:1 における断続的収縮労作の持久時間の延長する最大反復比は、負荷筋力比 60% で 10% (0.5 Hz)、30% で 30% (2 Hz)、15% で 40% (2.6 Hz) の反復比となる。発揮する筋力水準の低いことが反復する頻度を高めることができるが、最大反復速度の 30% を上回るような収縮頻度では、筋弛緩による局所の血液循環の効果もみられなくする急速な筋疲労を生じさせ、作業の継続を困難にする。また、図 4 の下に示してあるそれぞれの労作における酸素消費量では、動作頻度が高くなることで酸素消費量が高まる傾向を示しており、握るという前腕部の労作であっても最大努力に近くなると全身的な筋緊張をもたらすことを示すものと理解される。

今日的な軽作業においても、視覚的な情報を正確に取得し、手指動作を素早く行うためには、姿勢が不安定では難しく、従って、足を踏ん張り、頸部、肩部、腰部を継続的に緊張させることが必要になる。

ONISHI *et al.* (1974)³⁴⁾ は、2~3 秒に一回、製品の組み立てを行っているときの左右僧帽筋、左三角筋の表面電極法での筋電図発射パターンを示したものである。(図 5) 左三角筋の発射は、横に置かれた部品を取る頻度を示し、これと同時に右手は、製品を取り、胸の前で部品のなかに製品を入れて、前の機械に供給する。この反復動作速度を継続するためには、上肢を支える僧帽筋が継続的に緊張することがみられるということで、筋電図上にみられるこの筋緊張がいかなれば作業動作に伴う「静的筋収縮」の証左であると考えられた。後に、VEIRESTED *et al.* (1993)³⁵⁾ は、筋電

図に見られるマイクロサイレントが局所筋疲労を左右することを報告している。図5の筋電図例においても、マイクロサイレント的な電位の低い部分が見られるが、%MVCの強さと動作の速さでは、マイクロサイレントの休息効果を減少させると考えられた。また、MASUDA *et al.* (1983)³⁶⁾は、多点電極による神経伝播分析やKADEFORS *et al.* (1999)³⁷⁾の“Cinderella Theory”といわれる細部筋繊維の収縮性解析は、筋疲労性障害の予防となるとみられる。

この筋電図は、作業者の協力と同時に、計測機器の性能向上が可能にしているし、なにより作業姿勢における筋緊張の様子は、外見の様子ではわかりにくく、筋電図計測においてはじめて緊張の継続する「静的」と考えられる実態が明らかになったといえる。

4. 各種事務作業機オペレータの筋負担とメンタルストレス

1970年代後半には、オフィスオートメーションといわれ、工場のオートメーション化、装置産業のオートメーション化に引き続き、事務作業場のコンピュータ化が盛んとなる。このコンピュータを使いデータ入力、文書作成、プログラム作成、デザインなどの仕事をするのをVDT作業 (Visual Display Work) というが、これらの作業負担

特徴は、視覚的負担、姿勢拘束、精神的緊張があげられている。これら作業者の疲れの症状は、目が疲れる、腕・肩・首がこる、だるい・いつも疲れた感じがするなど、男子より女子作業者で顕著であり、また、昨今では、作業や疲れに関連して“イライラ感”、“なんとなくすっきりしない”、“なにかでスポーツうさばらしがしたい”などのメンタルストレスが指摘されている。

図6には、ONISHI *et al.* (1982)³⁸⁾の各種事務機オペレータ (英文タイプ、邦文タイプ、テレックス、VDT作業、電話交換、会計機など) の前腕伸筋、僧帽筋の筋電図計測による筋負担度合いを示したものである。この図の縦軸は、筋電図導出部位の最大収縮を行い、その活動電位に対して作業中の電位比、つまり、%MVCとしたものである。図中の縦棒は、計測例の最大値と最小値を示し、真ん中の棒は中央値である。手指を反復使う作業では、指の位置が前腕部とほぼ直線的になるまで手首を起こすので、前腕伸筋部の活動度合いは高く、%MVCで17~50%に達し、僧帽筋においても%MVCが6~37%である。そして、黒丸印や×印は、筋電図発射パターンが緊張の継続する例を示したもので、従来型の事務機オペレータにおいて筋の負担の大きい状態を示したが、重要なことは、外見적으로는、同じような作業姿勢であっても筋肉の使い方では個人差が大き

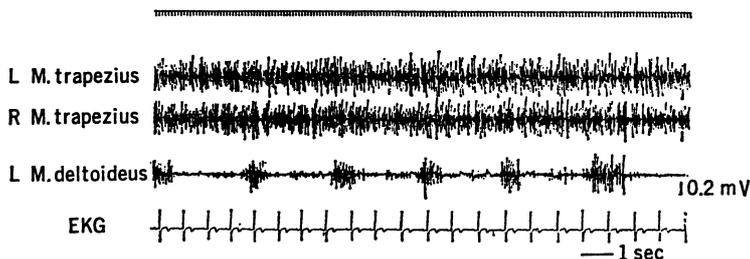


Fig. 5 EMG activities of shoulder muscles during the repetitive work for a female worker.

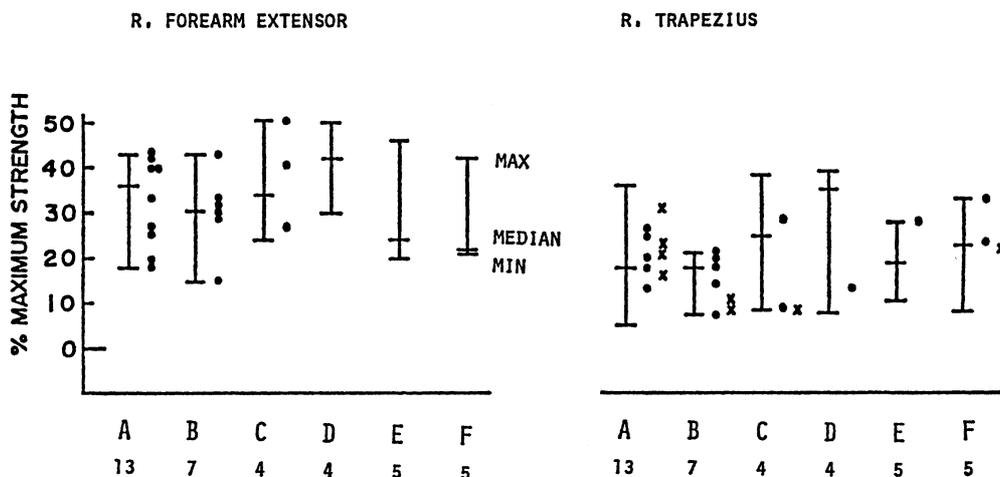


Fig. 6 Ranges and median levels of the electromyographic activity in percent maximum contraction during operations of various office machine. A, English language typewriter; B, Japanese language typewriter; C, Telex machine; D, Visual display terminal; E, Telephone exchanger; F, Insurance calculating machine. Each number below A, B, etc, gives the number of subjects examined.

く、新しいVDT作業機や会計機においても左右僧帽筋の緊張の継続する例がみられ、一連続作業時間と休憩時間の協調性の求めが示唆されるものであった。

これらは、1980年代からのオフィスオートメーションといわれる事務作業の一端であるが、時間的には、和文・英文タイプライター、テレックス、電話交換手などの職種がみられた。その後の変化含めて山崎(2003)³⁸⁾は、20世紀最後の四半世紀において、日本の労働職場がストレスフルになった背景について次のような5点をあげている。1 動的・全身性の負担・疲労から静的・拘束性・局所性の負担や疲労へ 2 判断業務や精神的緊張・心的疲労の増大 3 労働職場への過剰適応や心理的囚われ、それによる余暇・家庭生活への圧迫 4 労働職場のめまぐるしい変化 5 ゆとりやあそびの切りつめなどを要因としてあげている。

今日の労働における機械に向き合っの座位作業姿勢保持での頭脳労働は、人が対応する生理・心理的作用が著しい偏りが生じているわけで、個人差の大きい局所筋負担の特性を理解して、適正な一連続作業時間と頻繁な休息の利用が大切である。労働負担は、生活における回復過程を含めての相互作用の成り立ちであるが、このところの労働職場の変化は、「軽作業化」としての過長時間の労働に耐えることが可能であるとする認識が強く、つまるところ余暇・家庭生活でのゆとりを消失してしまうと考えられる。時間外労働は、極力抑制して、健康的で自由な活動の生活への組み込みが有用である。従って、限られた条件ではあるが、職場における健康づくりの成果は、HARMA *et al.* (1988)⁴⁰⁾,

RUTENFRANZ *et al.* (1990)⁴¹⁾, SAWADA *et al.* (2003)⁴²⁾, 須藤(2002)⁴³⁾などにみられるように健康状態の改善する知見を評価すべきである。

5. 労働者の体力・健康

かつての労働能力は、作業に求められる身体的能力が重要視され、作業に従事する鍛錬は、一段と胸板の厚い、たくましい身体になることもみられた。労働者の身体は、石井(1926)⁴⁴⁾, 八木(1936)⁴⁵⁾, 石井(1954)⁴⁶⁾, 勝木(1971)⁴⁷⁾, 大西・野村(1974)⁴⁸⁾の職業体質論の指摘があるように、従事する作業内容により体力的様相が形作られるということである。

図7には、ONISHI and NOMURA (1973)⁴⁹⁾が1960年代前半からの3つの作業集団の背筋力、平均皮下脂肪厚の加齢的变化を示した。作業集団の一つは、傾斜地の自然の中で作業する林業労働者、二つ目は、金属加工工場などに従事している労働者、もう一つは、都心のオフィス街で事務作業に従事している労働者である。

背筋力は、筋力計測の中でも全身性の筋力水準の高いものであるが、この作業集団の背筋力では、林業労働者>工場労働者>事務労働者の順となり、平均的値においても140 kg, 120 kg, 105 kg くらいで、明らかに作業に関わる肉体的行使の様子をそのまま示し、加えて、加齢的な筋力の減退の傾向においても、肉体的な作業強度の低いところの作業で筋力低下を顕著にしている。

また、とりわけ関心がもたれることは、平均的な皮下脂

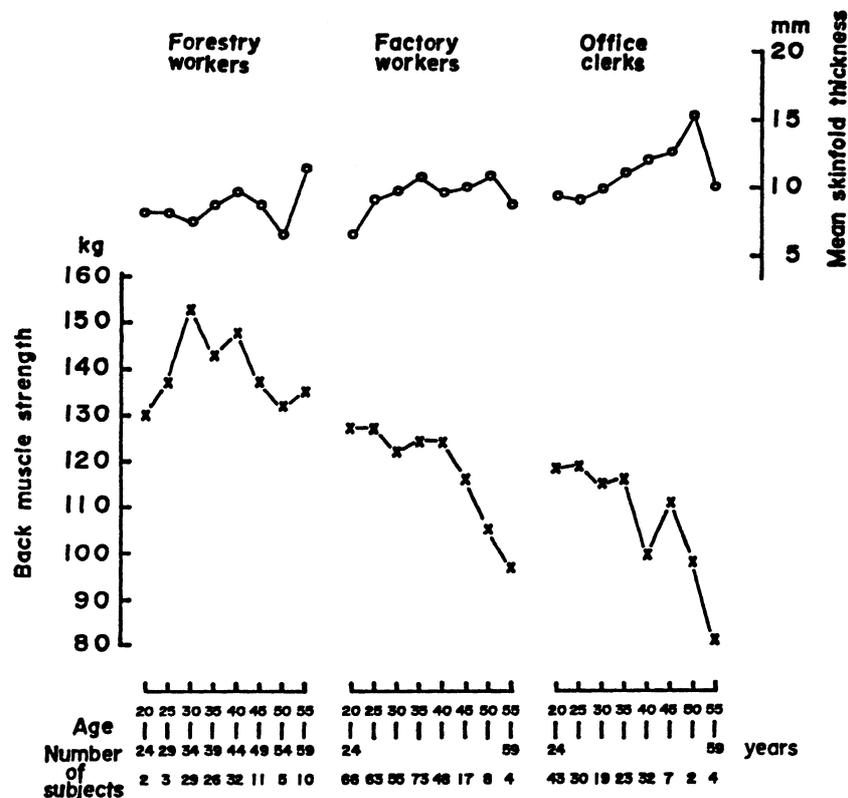


Fig. 7 Average values of back muscle strength and skinfold thickness for different age group of forestry workers, factory workers and office clerks.

肪厚の成績である。この皮下脂肪の計測は、キャリパーで、腹部、背中、上腕三頭筋部の平均値であるが、皮下脂肪が厚く経緯するのは、背筋力水準の最も低い作業集団である。そして、この作業集団における所得水準は、事務作業群で他の集団より高く、多分に食生活の質も高いと思われる。加齢的な皮下脂肪厚の推移は、これらを背景としたことと推察される。

経済成長期を経た子供達の身体的特徴は、身長伸びが顕著であり、その成長度合いに比べて跳ぶ力や投げの力がさほど伸びていなく、背筋力のような粗大な筋力指標では、低下が大きいといわれ、授業中の姿勢保持継続が困難になっているような指摘もある。これらの原因には、生活様式の変化にあるとみられるが、何よりも家の仕事の手伝いや遊びの中に力一杯筋力を発揮することの希少さが、子供達の身体の様子を変えているといえ、労働者の作業内容の差が、図7で示される成績から類推しても、同じような理解が可能と考えられる。

先に、手指の反復作業者の筋電図からみた筋負担の様子を紹介したが、これら作業者の負担兆候は、腕、肩を中心とする筋疲労の面が強く、そこで筋疲労の様子を筋肉の圧迫で生じた筋痛閾値で評価し、それらの筋負担が作業者の身体的能力にどのように影響するかを比較した(表1)。

筋疲労をみる ONISHI *et al.* (1977)⁵⁰⁾ の筋圧迫痛閾値の計測部位は、右僧帽筋で、肩峰点と第7頸椎を結んだ中央で、筋圧迫痛閾値は、少しの加圧で痛みを訴える 0.6 kg/cm² 以下群、0.7~1.5 kg/cm² 未満群、それと 1.5 kg/cm² 以上群の3グループである。グループごとの人数は、0.7~1.5 kg/cm²

以下が60名で多く、次いで、0.6 kg/cm² 以下の33名、1.5 kg/cm² 以上の加圧で痛みを訴えないグループが最も少なく、16名で、年齢的には20歳代半ばの若い女子作業者である。体格的にもほとんど差がみられないが、腕を外転する筋力や背筋力において筋圧迫痛閾値の最も低いグループが1.5 kg/cm² 以上加圧しても痛みを訴えないグループに比較して、腕外転筋力 1.5 kg、背筋力 10.4 kg と筋力の低い結果をみた。握力や脚筋力において差がみられないことから考えて、筋圧迫痛閾値の低いグループも、そもそも、グループ間にそれほどの筋力的な違いを持たない作業群とみられる。それが、作業による負担様相は、一時的にせよ筋力が低位になるとみられ、強い傾向の痛みを保有していることは、作業負担が相対的に高くなることが推定され、好ましくない負担循環を辿る静的疲労状況を示すことと考えられた。

6. カボチャ収穫時の軸切り筋負担

農作業においても反復繰り返し性の作業内容は、作物や生育管理、収穫過程において多様にみかけられるが、作業者は、辛抱強く耐えている。北の地における広大な畑作地では、主要作物は、作付けから収穫まで機械化体系が整えられてきた。そして、農民の経営努力は、野菜、果物、畜産、花卉など主用作物の生育作業期を調整して重複的な作業を行っている。なかでも野菜は、気候条件を生かして大規模な作付けをしているが、野菜によっては機械化が余り進まず、典型的な前屈み姿勢と早朝からの集中的収穫作業となる。

Table 1 Mean and standard deviations of body build, muscle strength, and jumping-step scores of the female workers by degree of local tenderness in the shoulder.

Measurement	Tenderness threshold		
	0.6 kg/cm ² or less	0.61-1.5 kg/cm ²	more than 1.5 kg/cm ²
Number of subjects	33	60	16
Age (years)	25.7	24.5	26.0
	3.8	3.2	5.0
Body height (cm)	153.5	154.7	153.0
	5.7	5.3	3.7
Body weight (kg)	48.9	49.9	49.7
	6.9	6.1	5.3
Mean skinfold thickness (mm)	14.1	14.4	13.8
	3.1	3.7	3.0
Grip strength (kg)	26.9	27.7	27.3
	3.4	4.2	3.3
Knee extension strength (kg)	33.1	33.5	36.5
	8.4	8.6	11.2
Back muscle strength (kg)	62.7*	64.7	73.1
	15.2	15.5	10.7
Upper arm abduction strength (kg)	8.9*	9.5	10.4
	2.3	2.4	1.8
Jump stepping (steps)	42.0	42.5	42.8
	5.5	6.2	6.4

* difference from the value for more than 1.5 kg/cm² significant at the 0.05 level.



Photo 1 An experiment to cut an axle of the pumpkin with the scissors which used compressed air. A small photograph is scissors cutting an axle of pumpkin.

ここで取り上げるのは、重量物作物として高齢化のなかで作付けが敬遠される傾向にあるカボチャの収穫における軸切り作業である。国内におけるカボチャの生産は、北海道が5割近くを占め、上川支庁、十勝支庁、網走支庁を中心に大規模に作付けされている。収穫期におけるカボチャの軸切りには、いろいろな過程があるが、基本的には、カボチャの軸切り専用のハサミを使用するか鎌で切るかである。特に、食用カボチャについては、カボチャの保管管理的には、専用ハサミが多く使われている。この切る場所は、圃場であったり、乾燥保管をかねたビニールハウス内で行ったりであるが、圃場では、写真に示すようにカボチャを25~30個くらいに集めたところで、軸切り作業を前屈み、もしくはしゃがんだ姿勢で行われる。

カボチャの軸の太さは、20~30 mm あり、専用ハサミの開口部を一杯に開いて切るが、このときに掛かる力を筋電図的に検討すると切りやすい軸で% MVC 10~20%、平均的には、% MVC 20~30% になり、集中して行うために手の皮がむける厳しい作業となっている。

大西 (1999)⁵¹⁾らは、刃物メーカーの協力を得て、圧搾空気を利用した「エア-ハサミ」でカボチャの軸を切ることを試みている。

図8は、未発表資料⁵²⁾で、トラクタにエンジン付きエア-コンプレッサーを乗せ、ホースを伸ばしてエア-ハサミを駆動させ、カボチャの軸を10個切る所要時間の分布である。カボチャの軸の向きが切りやすい方向に整っていると早ければ7秒ほどで切り、カボチャまで手を伸ばしても届かなく、移動したり、カボチャの軸の向きを変えたりする動作が加わると10秒を越えることがある。計測した10個を切る所要時間の平均値は、 10.38 ± 1.81 秒であり、カボチャ専用ハサミで同じように10個を切る平均時間を計

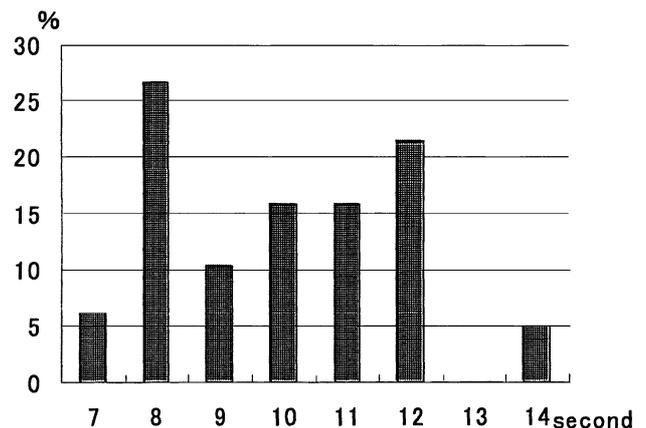


Fig. 8 The time distribution at the cutting 10 pumpkins.

測すると 23.26 ± 3.54 秒となり、エア-ハサミを用いて切る方がはるかに早く、前腕部の筋負担も著しく軽減される。ただ、圃場で切り取りをする条件では、エア-コンプレッサーを持ち運ばなくてはならないが、エア-ハサミの利用を試みた農家では、作付け上の大きな作業負担課題が一つ解消されるとした。

7. 東北単作地農民の余命と身体的能力

加齢的な身体機能の研究法には、横断的研究が多いが、ROBINSON *et al.* (1975)⁵³⁾、PAFFENBARGER *et al.* (1993)⁵⁴⁾、ERIKSSON *et al.* (1998)⁵⁵⁾などの同一対象者を長年にわたり追跡調査する縦断的研究法がある。加齢的に良好な身体的状況と健康状態を保持するには、働き方における適正条件と日常的に歩行など運動的習慣が有効であることが知られている。

ONISHI *et al.* (1988)⁵⁵⁾ は、1963年に東北単作地農民男子223名と女子100名について農業状況、健康・体格・身体的能力の調査を行ったが、それから約20年経過した1982年に当時の対象者の動静について、農家各戸を訪問して男子160名、女子82名の健康状態や死亡者については、親族から死亡時年齢などを追跡調査を行った。同地域から転出例は、20歳代の若い男子7例、女子15例、死亡例は、男子56名、女子3名を確認した。

図9には、1963年次の厚生省資料による余命線と男子死亡例を当時の年齢でプロットしたものである。死亡例には、1例の自殺者と3例の交通事故・出稼ぎ中の事故死者があった。余命は、暦年齢が高くなると短くなるが、プロット事例を年齢層別にIからV群に分けた。I群は、50~70歳代で、平均余命を越える14例、II群は、平均余命近くの15例、III群は30~40歳代の8例、V群は、1963年時60歳代で調査後わずか2~5年で死亡した9例である。I、II群とV群は、同じ地域で育った同じ年齢の農民であるが、V群の体格は、身長153.6cm、体重49.7kg、比体重0.323で、I・II群の体格はそれぞれ身長155.5cm、155.3cm、体重51.7kg、52.8kg、比体重0.332、0.340とI・II群がV群に比べて優れていた。また、身体的作業能力を示す全身的筋力指標である背筋力は、I群82.3kg、II群114.1kg、IV群71.6kg、V群75.2kgとなり、I・II群に比べるとIV・V群は、筋力能力面において低値を示した。そして、1963年当

時の対象群の最高血圧、最低血圧は、I群が、154.3-86.4 mmHg、II群 165.3-93.3 mmHg、III群 159-95.5 mmHg、IV群 158-88.7 mmHg、V群 165-84.5 mmHg などとなり、循環器系の健康管理の重要性が指摘される。

これら対象者が農業に従事をはじめた年齢は、30歳代半ば以上では、11~12歳からであるが、耕地面積の1950年、1963年、1980年と年次的に比較すると、I・II群が、1950年1.14ha、1.86ha、1963年2.38ha、2.10ha、1980年2.19ha、2.04haと拡大傾向にあるのに対して、V群は、1.33ha、1.65ha、1.63haとわずかな変化であり、若くして死亡したIII群では、2.06ha、1.79ha、1.60haと縮小傾向を示した。

1963年当時における農作業の機械化は、歩行型の耕耘機が普及しはじめた時期であり、中高年者は、寒冷単作地で肉体的にも酷使された農業に長年従事してきたといえ、余命からみた農民の加齢的变化は、成長過程を含めた複雑な要因が関わるが、ある時期における調査資料を追跡的にみても、III群やV群でみるような体格や筋力の衰えを強くして、血圧などの高さは、医療的な措置を必要とし、それらが農業労働の継続に好ましくない影響を与えることが想像でき、耕地面積の変化でみた経営状態においても拡大がみられていないなど、労働期での良好な身体的状態を保つことの重要性が例示できるものであった。

ま と め

労働形態の変化は、労働におけるエネルギー消費量を低減させ、上肢の反復使用による動作姿勢としたが、その労働負担は、静的疲労をもたらす様相があり、加えて、生活習慣病などの健康問題を顕在化させている。

人は、修学後、加齢的期間において長期に労働に従事しなければならず、労働者の健康・体力・余命は、従事した労働内容と重層的に関連していることを周知しなければならない。労働者の能力確保は、労働時間の短縮と休憩時間の挿入のバランスにおいて定められるもので、拘束時間の延長が健康生活保持に有害であることは、十分証明されていることを強く知識すべきである。

ここに来ての情報技術の形成は、どこにいても仕事ができる便利さと手持ちの機器にいつでも拘束されている緊張がややもすると活動と休息の折り合いを作りづらくして、骨格筋系の慢性疲労や精神的ダメージを大きくしている。これは、人間が持ち合わせる抑制機構が、現代労働での負担特性により、生起する疲労を軽視することに起因しているといえる。人は、いかなる物事より痛み・疲れ感を適正に回復させる考え方が優先されるべきで、作業においては、一連続作業時間を短く、休息を頻繁に取る、職場環境の人間工学的配慮、安全衛生教育の実施が重要である。

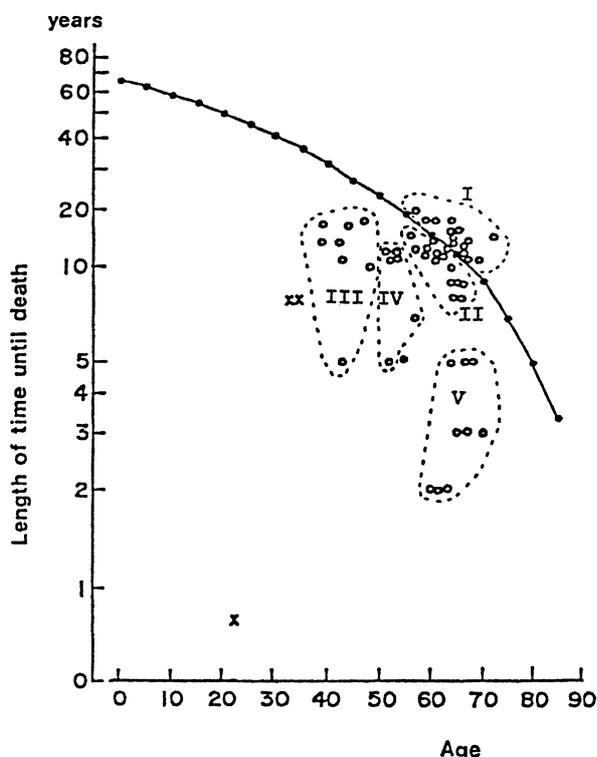


Fig. 9 Length in time until death of male farmers as a function of age in 1963. The solid line represents the average life expectancy curve based on the national data in 1963. ●, death by accidental injury ; ×, suicide.

参考文献

- 1) 暉峻義等, 1956, 労働の生理的負担, 労働科学研究所.
- 2) 古澤一夫, 1936, 自由歩行のエネルギー需要量, 労働科学, 13, 331-341.
- 3) 沼尻幸吉, 1959, 機械化が労働量及び生産性に及ぼす影響, 労働科学, 35, 193-202.
- 4) 斎藤 一, 1977, 単調労働とその対策, 労働科学研究所.

- 5) 古沢一夫・白井伊三郎, 1936. 重筋の労働の研究 其の1 純静的な労作としての天秤荷担ぎに於ける瓦斯代謝に就いて. *労働科学*, 13 (2), 203-218.
- 6) 久保田重孝, 1963. *パンチャーの手指障害, 職業病とその対策*. 興生社, 東京.
- 7) 和高 修, 1966. 事務機械担当女子職員の健康管理. *住友産業衛生*, 2, 81-88.
- 8) 狩野広之, 1965. 軽作業の負担. *労働科学*, 41 (7), 327-334.
- 9) 若月俊一, 1960. 農民の健康に関する調査研究. *日本農村医学学会誌*, 8, 364-416.
- 10) 大西徳明・野村秀子・酒井一博・山本高司, 1974. 金銭登録作業による手筋の負担に関する実験的研究. *労働科学*, 50 (10), 681-701.
- 11) 西山勝夫・中迫 勝・細川 汀, 1973. スーパーマーケットにおける労働とその健康への影響. *産業医学*, 15 (3), 229-243.
- 12) ONISHI, N., H. NOMURA and K. SAKAI, 1973. Fatigue and strength of upperlimb muscles of flight reservation system operators. *J. Human Ergol.* 2, 133-141.
- 13) 前田勝義, 1975. 筋電図による複写伝票ボールペン記入作業負担の解析. *産業医学*, 17, 203-208.
- 14) 斉藤和雄, 1975. 単純繰り返し作業にとる疲労. *北方産業衛生*, 32, 12-19.
- 15) BJELLE, A., M. HAGBERG and G. MICHAELSSON, 1979. Clinical and ergonomics factors in prolonged shoulder pain among industrial workers. *J. Work Environ. And health* 5, 205-210.
- 16) HUNTING, W., E. GRANDJEAN and K. MAEDA, 1980. Constrained posture in accounting machine operators. *Applied Ergonomics* 11 (3), 145-149.
- 17) ONISHI, N., H. NOMURA, and K. SAKAI, 1973. Fatigue and strength of upper limb muscles of flight reservation system operators. *J. Human Ergol.* 2, 133-141.
- 18) HAGBERG, M., 1982. Shoulder muscular strain-symptoms and disorders. *J. Human Ergol.* 11, 99-108.
- 19) CHRISTENSEN, H., 1986. Muscle activity and fatigue in the shoulder muscles during repetitive work an electromyographic study. *Eur. J. Appl. Physiol.* 54, 596-601.
- 20) AARAS, A., R.H. WESTGAAD and E. STRANDEN, 1988. Posture angles as an indicator of posture load and muscular injury in occupational work situations. *Ergonomics* 31 (6), 915-933.
- 21) 労働省, 「キーパンチャーの作業管理」1964, 「金銭登録作業の作業管理」1973.
- 22) 三澤哲夫・吉野賢治・重田定義, 1984. VDT 作業の一連続作業時間に関する実験的研究. *産業医学*, 26 (4), 296-302.
- 23) 長谷川徹也・神代雅晴, 1994. データ入力作業を例とした VDT 作業における一連続作業時間についての実験的研究. *人間工学*, 30 (6), 405-413.
- 24) HERBERTS, P., R. KADEFORS, and H. BROMAN, 1980. Arm positioning in manual tasks ; an electromyographic study of localized muscle fatigue. *Ergonomics* 23 (7), 655-665.
- 25) MIEDEMA, M.C., M. DOUWES and J. DUL, 1997. Recommended maximum holding times for prevention of discomfort of static standing postures. *J. Industrial Ergonomics* 19, 9-18.
- 26) GRANT, K.A. and D.J. HABES, 1997. An electromyographic study of strength and upper extremity muscle activity in simulated meat cutting tasks. *Applied Ergonomics* 28 (2), 129-137.
- 27) ROHMERT, W.V., 1960. Ermittlung von Erholungspausen fur Statische Arbeit des Menschen. *Arbeitsphysiol.* 18, 123-164.
- 28) 大西徳明・野村秀子, 1976. 上肢筋の反復動作における負荷条件と耐久時間. *労働科学*, 52 (9), 527-539.
- 29) BJORKSTEM, M. and B. JONSSON, 1977. Endurance limit of force in long-term intermittent static contraction. *Scand. J. Work Environ. Health* 3, 23-27.
- 30) MORIOKA, M., 1964. Some physiological responses to the static exercise. *Rep. Inst. Sci. Labour* 63, 6-24.
- 31) SATO, H. and OHASHI, J., 1988. Differences fatigability for static contraction in human limb muscles. *J. of the Anthropological Society Nippon* 6 (2), 137-145.
- 32) OKADA, M., KOGI, K. and ISHII, M., 1970. The enduring capacity of the electors spine muscles in the static work. *Zinruigaku Zashi* 78, 10-21.
- 33) SADAMOTO, T. BONDE-PETERSEN, F. and SUZUKI, Y., 1983. Skeletal muscle tension, flow, Pressure, and EMG during sustained isometric contraction in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 51, 395-408.
- 34) ONISHI, N., SAKAI, K., ITANI, T. and SHINDO, H., 1977. Muscle load and fatigue of film rolling workers. *J. Human Ergol.* 6, 179-186.
- 35) VEIRESTED, K.B., R.H. WESTGAARD and P. ANDERSEN, 1993. Electromyographic evaluation of muscular work pattern as a predictor of trapezius myalgia. *Scand. J. Work Environ. Health* 19, 284-290.
- 36) MASUDA, T. MIYANO, H. and SADOYAMA, T., 1980. The propagation of motor unit action potential and the location of neuromuscular junction investigated by surface electrode array. *Electroenceph clin neurophysiol* 55, 594-600.
- 37) KADEFORS, R., FORSMAN, M., ZOEGA, B. and HERBERTS, P., 1999. Recruitment of low threshold motor units in the trapezius muscle in defferent static arm positions. *Ergonomics* 42 (2), 395-375.
- 38) ONISHI, N. SAKAI, K. and KOGI, K., 1982. Arm and shoulder muscle load in various keyboard operating jobs of women. *J. Human Ergol.* 11, 89-97.
- 39) 山崎喜比古, 2001. 21 世紀日本の健康社会学の理論と方法. *保健医療社会学論集*, 11 (2), 8-18.
- 40) HARMA, M.I. et al., 1988. Physical training intervention in female shift workers : The effect of intervention on fitness, fatigue, sleep, and psychosomatic symptoms. *Ergonomics* 31 (1), 39-50.
- 41) RUTENFRANZ, J., 1990. Work load and demanded physical performance capacity under different industrial working conditions. *Fitness for the Aged, Disabled, and Industrial Worker*. ISS 20, 217-238.
- 42) SAWADA S. 2003. Cardiorespiratory fitness and cancer mortality in Japanese men : A prospective study. *Med Sci Sports Exerc* 35, 1546-1550.
- 43) 須藤美智子, 2002. 運動と職業生ストレス—運動を活用した職業におけるストレス対策—産業ストレス研究, 9 (4), 219-226.
- 44) 石川知福, 1929. 日本人の身体的機能の標準並びに職業的特徴の研究 (第1報). *労働科学*, 6 (2), 241-270.
- 45) 八木高次, 1936. 生体計測. *横手社会医学叢書*, 金原書店.
- 46) 石井雄二, 1954. 労働者の体格体力に関する研究 (第1報)—工場労働者の体力測定成績—. *労働科学*, 30 (1), 18-24.
- 47) 勝木新次, 1971. 健康と体力. *光生館*, 昭和44年.
- 48) 大西徳明・野村秀子, 1974. 最近の各種産業労働者の身体的能力について. *労働科学*, 50 (5), 319-331.
- 49) ONISHI, N. and NOMURA, H., 1973. Low back pain in relation to physical work capacity and local tenderness. *J. Human Ergol.* 2, 119-132.
- 50) ONISHI, N., NOMURA, H. SAKAI, YAMAMOTO, T., HIRAYAMA,

- K. and ITANI, T., 1976. Shoulder muscle tenderness and physical features female industrial workers. *J. Human Ergol.* **5**, 87-102.
- 51) 大西徳明・伊藤雅夫, 1999. カボチャ収穫作業における負担軽減対策. 日本人間工学会北海道支部大会 (旭川).
- 52) 大西徳明・坂本祥一・高嶋成和・穴見 康, 未発表資料.
- 53) ROBINSON, S., DILL, D.B., TZANKOFF, S.P., WAGNER, J.A. and ROBINSON, R.D., 1975. Longitudinal studies of aging in 37 men. *J. Appl. Physiol.* **38**, 263-267.
- 54) PAFFENBARGER, R.S., 1993. The association of changes in physical-activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men THE NEW ENGLAND JOURNAL OF MEDICINE **25**, 538-545.
- 55) ERIKSSON, G., 1998. Changes in physical fitness and changes in mortality THE LANCET Vol **352** (5), 759-762.
- 56) ONISHI, N., 1988. Follow-up study of life span of farmers in relation to physical fitness data in 1963. *J. Human Ergol.* **17**, 43-51.

Workload and Health for Changes of the Working Pattern

by

Noriaki ONISHI

(Received December 4, 2006/Accepted December 14, 2006)

Summary : The study of workload in Japan was introduced as the science of labor study by TERUOKA, G. (1921). A primary problem in this kind of research is elucidation of workload. Owing to the progress in mechanization and automation, the metabolic rate of industrial work was considerably reduced in recent years, but local muscular load sometimes causes physical disorders including local pain. Specially, repetitive operations prevalent in modern industries demand frequent dynamic as well as static contractions of muscles. In a subdivided workload in which neurological strain continues, it is difficult to recover from fatigue recovery easily. Moreover, the incidence of such related lifestyle diseases as cancer, cerebrovascular disease, and heart disease has increased. This is mainly because of an increase in the percentage of the aged population. But there are not a few cases of lifestyle diseases among workers in their prime. It seems that workers pay more attention to their health when they are aware of a decline in physical fitness or have some actual health problems.

In this article, I considered health, physical fitness, and their influence on life expectancy level, pumpkin harvest farm workers. This investigation of Tohoku area farmers showed how the change from limited part time load manually skilled work to mechanized, work affected physical ability.

Key words : Local muscular load, Repetitive operations, Static contractions, Constrained posture, Physical fitness, Physical disorders