

特集

職場で取り組む腰痛対策

「職場における腰痛予防対策指針」を受け、それぞれの事業場においてさまざまな腰痛予防対策が進められているが、重量物取扱い作業や長時間の座位作業など、腰に負担をかけるさまざまな作業を改善するには課題も多い。そこで今回は、重筋作業の腰への影響や作業姿勢と腰痛の関係など腰痛発生のメカニズムを見ながら、企業での取り組み事例を交えて職場での効果的な腰痛対策を考えてみたい。

総論

腰痛発生のメカニズムと腰痛予防対策

労働省産業医学総合研究所 城内 博
有害性評価研究部主任研究官

はじめに

わが国では国民の8割以上が生涯に腰痛を経験すると言われている。また業務上疾病のうち、約6割が災害性の腰痛であり、この傾向はここ10年来変わっていない。米国では腰痛などの腰部障害にかかる社会的コストは年間数兆円と言われている。日本にはこのような試算はないものの、腰痛による社会的コストが膨大であることは想像に難くない。

このような状況で、労働省は職場における腰痛予防対策を促進するため、平成6年に「職場における腰痛予防対策指針」(以下「指針」と

呼ぶ)を出している。

近年、技術革新により重筋作業は減少したものの、コンピューターの導入あるいは自動化に伴う作業態様の変化により、VDT作業や監視作業等が増加し、また高齢化の進行に伴う介護作業あるいは高齢労働者に対する作業環境対策など、今後さらに腰痛対策が重要になることが予想される。

腰痛の原因とその分類

腰痛の原因はさまざまであるが、疾病原因的には、

(1) 筋肉・靭帯に起因するもの(筋緊張、傷害、

挫傷、ねんざ、姿勢の悪さ、けいれん、筋力不足、筋膜炎など)

(2) 脊椎の構造に起因するもの(脊椎分離症、脊椎症、脊椎すべり症、骨粗しょう症、側弯症、圧迫性骨折、脱臼、退行変性、骨関節炎、脊柱管狭窄、腫瘍、脊椎損傷、潜在二分脊椎など)

(3) 椎間板・神経性のもの(椎間板ヘルニア、神経過敏、腫瘍など)

(4) その他(感染症、代謝異常、先天性異常、循環系障害、炎症性障害、精神神経障害、毒物など)

の4種に大きく分類される²⁾。

腰痛を引き起こす可能性のある疾患がこのようにたくさん知られているにもかかわらず、多くの「腰痛」は原因を特定することが難しい。この理由の一つとして、X線フィルム上の所見、すなわち骨・関節の所見と腰痛との関係ははっきりしないことが挙げられる。さらに「腰痛症」が原因のはっきりしない腰痛に付けられた診断名として使用されていることも、腰痛の原因究明を遅らせている理由として考えられる。

しかしまた、腰痛はある程度予防可能なものであることも経験的に知られている。前述の「指針」では腰痛の発生要因(リスクファクター)として、①腰部に動的あるいは静的に過度に負担を加える動作要因、②腰部への振動、寒冷、床・階段での転倒等で見られる環境要因、③年齢、性、体格、筋力等の違い、椎間板ヘルニア、骨粗しょう症等の既往症または基礎疾患の有無及び精神的な緊張度等の個人的要因、の3点に大きく分けている。職場における腰痛予防対策を考える上では、このようなリスクファクターによる分類が理解しやすく、また実際的であろう。つまり個人的要因に配慮しつつ、動作あるいは環境におけるリスクファクターをできるだけ少なくしていくというプロセスを実行するために適した分類といえる。

職場での腰痛予防対策においては、作業に伴う腰痛発生のメカニズムを知り、リスクファク

ターを減じることが必要である。ここではバイオメカニクスの考え方を参考に、重量物取扱作業、座位作業、運転作業を例に腰痛の発生メカニズムを解説し、腰痛予防対策を考える一助としたい。

重量物取扱作業

重量物の運搬により腰痛の発生率が高くなることは多くの研究が示しており、また経験的にも容易に理解できる。重量物の運搬などにより腰痛になるメカニズムとして、腰部脊椎および周辺筋肉にかかる力が増加し、その結果、脊椎およびその周辺に損傷が起こって腰痛になる、という仮説が立てられている³⁾。

図1に脊柱と腰部にかかる力をモデル化して示した。今、上半身の体重(W)を40kg、一番下の腰椎(第5腰椎:L5)から上半身の重心線までの距離(L1)を0.1m、背部の筋肉までの距離(L2)を0.05mとして、L5を中心として力の

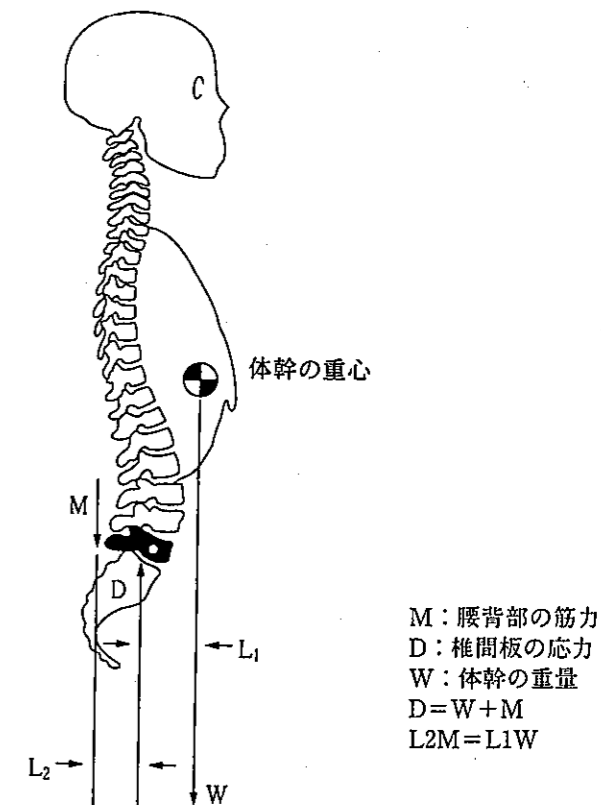
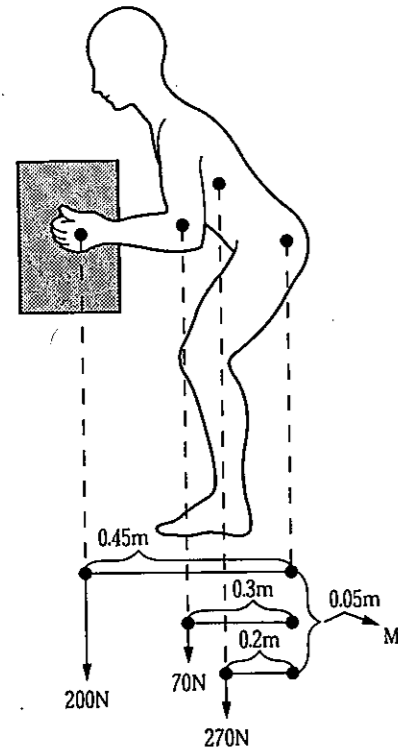


図1 腰部にかかる力のモデル

(MH Pope, GBJ Anderson, JW Frymoyer DB Chaffin. Occupational low back pain: Assessment, treatment and prevention. 1991 p7, Fig1. 6, Mosby Year Book, USA)

バランス（モーメント）を考えると、必要な腰背部の筋力は800N（ニュートン）、L5にかかる力は1,200N（約122kg）にもなる。しかしこれは直立姿勢での値であり、作業により腰を曲げた場合にはL1が大きくなり、さらに手に物を持った場合には大きな背筋力を必要とし、腰椎にかかる力も大幅に増加する（図2）。

これまでの研究によると、個人差が大きいものの、損傷なしに脊椎が耐えられる力は約3.4kN（約350kg）であることが分かった。この値は、さまざまな作業において脊椎への負荷をシミュレーションしたときに、疫学的に腰痛の発生率が少なくなる作業における負荷と一致するものであった。すなわち、重量物取扱作業では腰部脊椎（L5）にかかる力が3.4kN以下になるような作業にすれば腰痛はある程度防げるとい



体幹モーメント：270×0.2=54Nm
 腕モーメント：70×0.3=21Nm
 手モーメント：37×0.45=17Nm
 これらとつり合うための筋肉の力：1,840N
 (54+21+17=92Nm、92Nm/0.05m=1,840N)

図2 屈曲姿勢で荷物を持ったときのモデル

(MH Pope, GBJ Anderson, JW Frymoyer, DB Chaffin. Occupational low back pain: Assessment, treatment and prevention. 1991 p22, Fig2. 1(d), Mosby Year Book, USA)

うことになる。このような考え方に基づいて米国のNIOSH（National Institute for Occupational Safety and Health）⁴⁾では理想的な条件（立位で体幹の屈曲やひねりはなく、荷物を体の近くに持った場合）で、常時人力で扱う荷物の最大重量は約23kgと勧告している。これはさまざまな姿勢をとる一般の作業条件では、扱う荷物の重量はさらにこれ以下にしなければ腰痛のリスクが大きくなる、ということの意味する。「指針」では、“男子労働者が人力のみにより取り扱う重量は55kg以下”、としている。また、“常時扱う場合は、労働者体重の40%以下とするよう努める”となっている。労働者の体重を60kgとすると取扱い重量は24kgとなり、この値はNIOSHの値とほぼ同じになる。さらに「指針」では女性の持ち上げに関する能力は男性の約60%であるとしている。

ここまでは生体への負荷を力の面から考えたが、エネルギー消費の面（生理学的側面）からも考える必要がある。つまり十分な酸素供給を受けないと筋肉は疲労し、やがて筋肉疲労や損傷（腰痛）を起こし得る。これは全身の疲労との関係で考えるべき問題である。最大の有酸素エネルギー消費は9.5kcal/min（40歳男性平均、7時間労働で1日4,000kcal）³⁾といわれており、1時間労働ならこの値の半分、8時間労働ではこの3分の1が目安である。これらを考慮して、例えばNIOSHでは理想的な持ち上げ作業でもその頻度は1分間に10回以下（8時間労働の場合）にすべきであるとしている⁴⁾。「指針」でも、やはり作業速度の重要性について言及している。

座位作業

座位作業でまず問題とされているのは、座ることにより腰部脊椎の前彎がより直線的になり、椎間板の圧力が上昇するということである。椎間板の圧力上昇は椎間板の劣化を促進すると考えられている。

図3にさまざまな座位姿勢での椎間板にかか

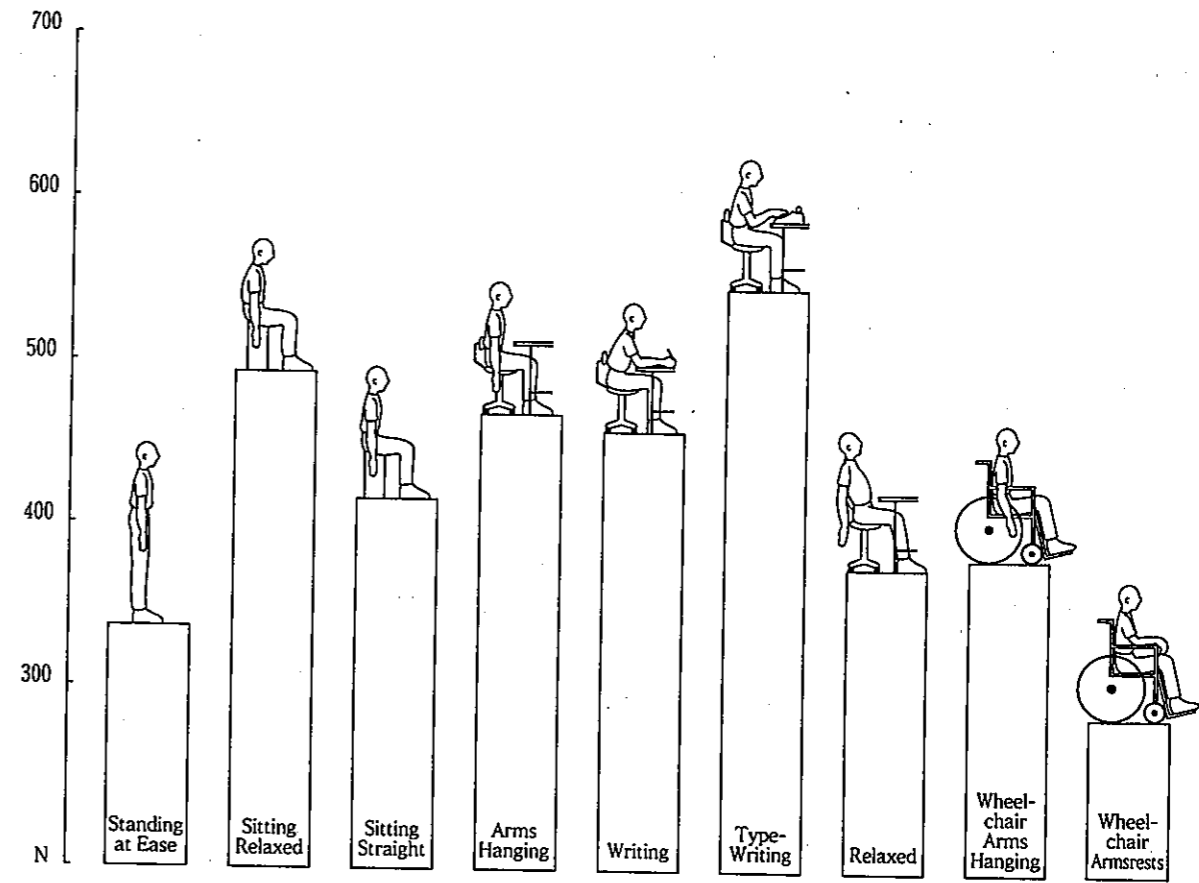
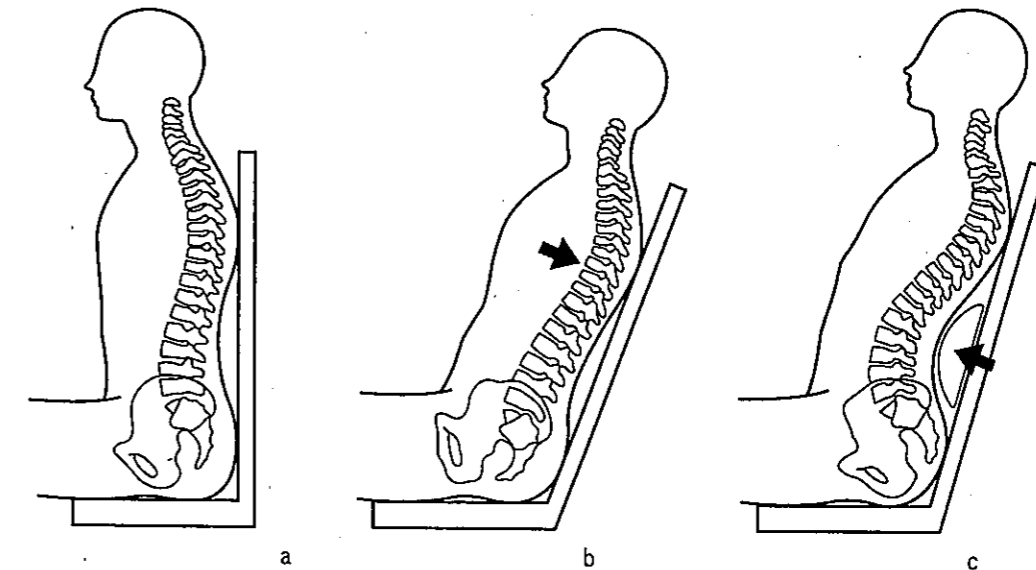


図3 さまざまな姿勢での椎間板圧力の測定値

(Anderson GBJ, Ortengren R, Nachemson A, et al: L4/L5 disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting. IV: Studies on a car drivers seat. Scand J Rehab Med 1974;6:128)



背もたれを効果的に用いることにより体重の多くを背もたれにあずけることができ (b)、またランバーサポートにより脊柱を立位ときの形に近づけることができる (c)。

図4 背もたれとランバーサポートの効果

(MH Pope, GBJ Anderson, JW Frymoyer, DB Chaffin. Occupational low back pain: Assessment, treatment and prevention. 1991 p26, Fig2. 7, Mosby Year Book, USA)

る圧力を示した。立位に比べ、座位では椎間板の圧力が約1.6倍にもなることが分かる。また背もたれや肘掛けが椎間板の圧力を軽減するのに役立つことが明らかである。またランバーサポートも圧力軽減に役立つことが知られている(図4)。

さらに静的な座位姿勢を長くとることにより、椎間板への栄養補給が十分行われなくなり、筋肉への血液循環も阻害され、椎間板や筋肉が損傷を受けやすくなるといわれている。座位作業による腰痛予防のためには、椎間板にかかる圧力をできるだけ減少させるために作業台、椅子などに配慮し、筋肉や椎間板への栄養や酸素を十分に補給するため頻りに姿勢を変えられるような作業計画を立てることが重要である。

車両運転作業

長時間の運転作業も腰痛発生が比較的高いものの一つである。トラックやトラクターなど大型車両の主な振動は周波数が4~6 Hzぐらいであるが、これは脊柱と共鳴し振動が生体内で増幅される周波数でもある。これらの振動が直接脊椎の障害に結び付くかどうかは明らかになっていないが、運転手に脊椎の障害が多い理由の一つと考えられている。座位では椎間板内の圧力が上昇することは既に述べたが、振動によりさらに椎間板への負荷が加わり、脊椎周囲の筋肉・靭帯の疲労も増加することが知られている。Kelsey⁵⁾は、1日労働時間の半分以上を車中で過ごす労働者では椎間板ヘルニアのリスクが3倍になると報告している。運転作業に伴う腰痛予防対策では、座席の改善などが重要であることは言うまでもないが、運転作業後の荷物取り扱いに特に注意する必要がある。「指針」では「車両運転中は、拘束姿勢による末梢循環の阻害、軀幹筋の筋緊張の高まり、内耳の平衡覚に対する振動の影響等により、一時的な筋力調節不全(脱力感)等が生ずることがあり、長時間の車両運転の直後に重量物を取り扱うことは好ましくない。従って、小休止・休息および作業前体

操を行って、筋力調節不全と末梢血液循環の阻害を解消してから、重量物の取扱作業をする必要がある」としている。Wilder⁶⁾は荷物を取り扱う前に5~10分歩くことを勧めている。

まとめ

腰痛で苦しんでいる労働者は依然として多く、腰痛対策は簡単ではない。その最大の理由は体格や生理的能力などの個人的な差異があまりにも大きく、また作業の種類があまりに多岐にわたり、統一的な対策が取り難いためである。しかし、職場における腰痛対策の歴史は長く、これまでに得られた知見は貴重であり示唆に富み、応用できる対策がたくさんある。近年はバイオメカニクスの発達によりさまざまなシミュレーションも行われ、脊椎にかかる力や椎間板内の圧力なども測定され、これまで経験的になされてきた対策を科学的に裏付け、また新しい対策の可能性を示している。職場での腰痛予防対策は真剣に取り組めば多くの成果を期待できるものであるように思える。今後の腰痛予防対策の発展に期待したい。(じょうない ひろし)

引用文献

- 1) 労働省、職場における腰痛予防対策指針、平成6年9月6日、基発547号
- 2) TM Khalil, EM Abdel-Moty, RS Rosomoff, Ergonomics in back pain. A guide to Prevention and rehabilitation. 1993, p23, Van Nostrand Reinhold, New York, USA
- 3) TR Waters, V Putz-Anderson, A Garg, LJ Fine. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. Ergonomics 1993, 36(7), 749-776
- 4) NIOSH. Revised NIOSH lifting equation. 1994, US Department of Health and Human Services
- 5) JL Kelsey, PJ Hardy Driving of motor vehicles as a risk factor for acute herniated lumbar intervertebral disc. Am J Epidemiol 1975 Jul, 102(1), 63-73
- 6) DG Wilder. The biomechanics of vibration and low back pain. Am J Ind Med 1993, 23, 577-588

腰痛対策—NIOSH 持ち上げ作業式 (I)

労働省産業医学総合研究所 城内 博*

腰痛は企業にとって早急に解決すべき問題の一つである。我が国の業務上疾病の内訳でも、平成6年では腰痛(災害性腰痛)が5,556人で業務上の負傷に起因する疾病のうちの77.3%, 全業務上疾病に占める割合では56%にのぼる。この傾向は長年にわたって続いている。さらに近年、技術革新に伴った労働態様の変化から生ずる非災害性の腰痛が増えていることも指摘されている。そして日常我々が経験するように腰痛の主たる原因の一つとして持ち上げ作業がある。

ここに紹介する持ち上げ作業式(Lifting Equation)は1981年に米国労働安全衛生研究所(NIOSH)によって開発され、その後1991年に改訂されたものである(Applications Manual for the REVISED NIOSHLIFTING EQUATION, DHHS, (NIOSH) Publication No.94-110,U.S.A., 1994)。この式の最大の特長は、持ち上げ作業を定量的に評価すること、さらに持ち上げ作業の改善点を具体的に明らかにすることである。この持ち上げ作業式の考え方あるいは使用方法を修得することは、現場における持ち上げ作業の改善を行う上で大いに役に立つものと思われる。

この式は、両手で行う持ち上げ作業の生体負荷をバイオメカニクス、生理学、精神物理学等からの仮定にもとづいて研究し、開発されたものである。

次に持ち上げ作業式とその構成要素を示す。

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

$$LI = L / RWL$$

* 同研究所 主任研究官

- RWL: Recommended Weight Limit (作業重量勧告値; 当該作業の負荷重量限界)
- LC: Load Constant (重量負荷定数; 23kg)
- H: Horizontal Location (荷を持った手の内踝中央点に対する水平方向位置)
- HM: Horizontal Multiplier (水平位置係数)
- V: Vertical Location (荷を持った手の床に対する垂直方向位置)
- VM: Vertical Multiplier (垂直位置係数)
- D: Vertical Travel Distance (荷を持ち運ぶ際の垂直移動距離)
- DM: Distance Multiplier (垂直移動係数)
- A: Asymmetry Angle (持ち上げ作業での身体の回転角度)
- AM: Asymmetric Multiplier (非対称係数)
- F: Lifting Frequency (15分間観察した1分間当たりの持ち上げ作業の回数)
- FM: Frequency Multiplier (頻度係数)
- C: Coupling Classification (荷の持ちやすさを3段階で評価)
- CM: Coupling Multiplier (持ちやすさ係数)
- LI: Lifting Index (持ち上げ作業指数; 当該作業の負荷程度を表す指数)
- L: Load Weight (当該作業での荷の重量kg) (H,V,Aの空間的な定義については図1~2参照)

最終的な作業の評価は、持ち上げ作業重量勧告値(RWL)及び持ち上げ作業指数(LI)により行う。持ち上げ作業指数(LI)が1より小さい場合にはほとんど全ての労働者に許容される作業、1から3の場合は一部の労働者で傷害のリスクが大

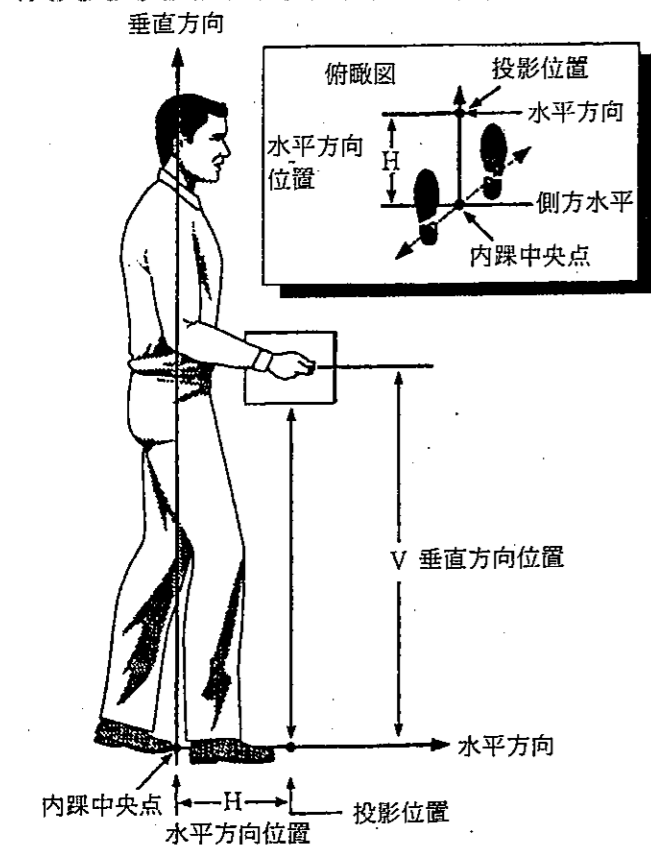


図1 荷を持った手の位置の定義

きくなる作業、3以上の場合はかなり苛酷で全ての労働者で傷害のリスクが大きくなる作業、と評価される。

持ち上げ作業重量勧告値 (RWL) が小さい、すなわち持ち上げ作業指数 (LI) が大きな場合には、式中の6つの要因を勘案することにより、作業改善のヒントが得られるようになっている。6つの要因とは、荷を持った手の水平方向位置 (H)、垂直方向位置 (V)、垂直移動距離 (D)、持ち上げ作業の非対称性 (A)、頻度 (F)、荷の持ちやすさの程度 (C)、である。そしてこれらの要因の状況を変数として係数化し、持ち上げ作業重量勧告値 (RWL) を求める。これらの変数は削減係数とも言うべきもので0から1までの値を取り得るが、理想的な状況では1である。各要因の係数は表1~3から求められる。また重量負荷定数 (LC) とは理想的な持ち上げ作業状態での最大負荷で、23kgと仮定している。つまり23kg以上の荷を取り扱う持ち上げ作業の場合は、補助器具を用いるとか数人で共同作業を行う等の対策が必

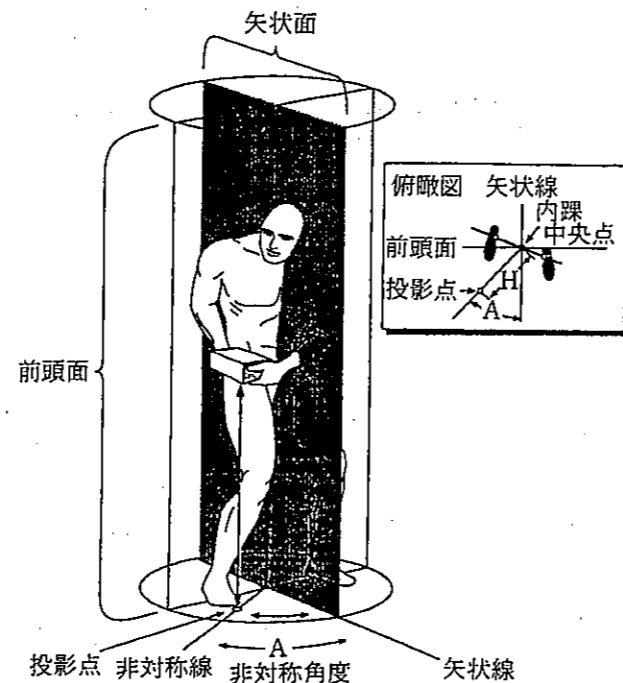


図2 非対称角度(A)の定義

要ということである。

さて、これらの削減係数が小さければ小さいほど、重量勧告値 (RWL) も小さくなる。例えば身体 (両足内踝の中央点) からの荷を持った手 (の投影点) との位置 (H) が50cmであれば、水平位置係数 (HM) は0.5 (25/50cm, 表1参照) となり、それだけで重量勧告値 (RWL) は23kg×0.5=11.5kgとなってしまふ。このような場合には荷台と作業者との水平距離すなわち水平方向位置 (H) を小さくする、作業方法を変えるなど、改善を考えなければならない。各係数が小さい場合の具体的な改善提案については表4に示した。

作業の評価は持ち上げ作業の開始位置と終了位

表1 持ち上げ作業式の係数算出表

重量負荷定数	LC	23kg
水平位置係数	HM	(25/H)
垂直位置係数	VM	1 - (.003 V - 75)
垂直移動係数	DM	.82 + (4.5/D)
非対称係数	AW	1 - (0.032A)
頻度係数	FM	表2
持ちやすさ係数	CM	表3

(H, V, Dはcm, Aは度)

表2 頻度係数 (FM) 表

頻度 回/分 (F)	作業時間					
	≤ 1時間		> 1時間, ≤ 2時間		> 2時間, ≤ 8時間	
	V < 75cm	V ≥ 75cm	V < 75cm	V ≥ 75cm	V < 75cm	V ≥ 75cm
≤ 0.2	1.00	1.00	.95	.95	.85	.85
0.5	.97	.97	.92	.92	.81	.81
1	.94	.94	.88	.88	.75	.75
2	.91	.91	.84	.84	.65	.65
3	.88	.88	.79	.79	.55	.55
4	.84	.84	.72	.72	.45	.45
5	.80	.80	.60	.60	.35	.35
6	.75	.75	.50	.50	.27	.27
7	.70	.70	.42	.42	.22	.22
8	.60	.60	.35	.35	.18	.18
9	.52	.52	.30	.30	.00	.15
10	.45	.45	.26	.26	.00	.13
11	.41	.41	.00	.23	.00	.00
12	.37	.37	.00	.21	.00	.00
13	.00	.34	.00	.00	.00	.00
14	.00	.31	.00	.00	.00	.00
15	.00	.28	.00	.00	.00	.00
> 15	.00	.00	.00	.00	.00	.00

置の両方で行い、それぞれで改善の方策を考えるようになっている。もし終了位置で荷を慎重に取

り扱う必要がない場合、すなわち荷を投げ置けるような場合には、終了位置での評価は必要ない。

表3 持ちやすさ係数 (CM)

持ちやすさ	持ちやすさ係数	
	V < 75cm	V ≥ 75cm
良 (GOOD)	1.00	1.00
可 (FAIR)	0.95	1.00
劣 (POOR)	0.90	0.90

作業の改善は可能な限り削減係数の小さいものから順に行えば効率的である。

さてそれでは、実際の例でどのように持ち上げ作業を評価するかを考えてみよう。持ち上げ作業式による評価には「図3 持ち上げ作業分析用紙」(次号)を用いる。

良 (GOOD)	可 (FAIR)	劣 (POOR)
1. 箱や木枠のような容器で、適切な把手や切り込みがある場合。	1. 適切にデザインされた容器で、最適とはいえないが把手や切り込みがついている場合。	1. かさばったもの、扱いにくいもの、角が鋭いものなど適切にデザインされていない容器や不整形あるいは不定形なものの場合。
2. 鋳物や原材料のように不整形あるいは不定形なもので、簡単に手で包み持てる場合。	2. 把手も切り込みもない容器や、不整形あるいは不定形なものについて、手の指を90度曲げて握れる場合。	2. およぶよぶ袋のような場合。

表4 一般的な作業計画/改善の提案

<p>水平位置係数 (HM) が1.0より小さい場合 水平方向にある障害物を取り除いたり、荷のサイズを小さくしたりしてなるべく作業者の身体に近いところで荷を持つようにする。床の近くから持ち上げることは避ける。もし避けられない場合は荷物を両足の間から持ち上げる。</p>
<p>垂直位置係数 (VM) が1.0より小さい場合 持ち上げ作業の [開始位置/終了位置] を [上げる/下げる]。持ち上げ作業を床の近くあるいは肩より上では行わない。</p>
<p>垂直移動係数 (DM) が1.0より小さい場合 持ち上げ作業の開始位置と終了位置間の垂直移動距離を短くする。</p>
<p>非対称係数 (AM) が1.0より小さい場合 回転の角度を少なくするために、持ち上げ作業の開始位置と終了位置が近くなるようにする。あるいは作業者が身体を回転させるよりも、足を回転させるかステップさせなければならないように、開始位置と終了位置を遠くする。</p>
<p>頻度係数 (FM) が1.0より小さい場合 持ち上げ作業頻度を少なくするか、作業時間を少なくするか、回復時間 (軽作業の時間) を長くする。</p>
<p>持ちやすさ係数 (CM) が1.0より小さい場合 把手や持ち上げのための切り込みが付いた適切な容器や、不整形な物を持ちやすいようにするなどして、持ちやすさを改善する。</p>
<p>終了位置の重量勧告値 (RWL) が開始位置のそれより小さい場合 仕事を改善するか、容器/荷の関係を変更して終了位置における慎重な取り扱いをなくす。</p>

(以下、次号へつづく)

腰痛対策 — NIOSH 持ち上げ作業式 (II)

労働省産業医学総合研究所 城内 博*

例1 攪拌機への材料投入

作業内容

図4のように、作業者は手押し車と攪拌機ホッパーの間において右に身体を回転し (非対称持ち上げ作業) 手押し車から袋を取り上げ、次いで左に身体を回転し袋をホッパーの縁に置く。ホッパーの内側についている鋭利な刃で袋を切り、内容物をホッパーに入れる。この作業はたまにしかない

(1~12回/日)。

作業者は持ち上げ作業の開始位置と終了位置で身体を回転している。終了位置での荷の慎重な取り扱いには必要ない。手押し車の上には袋が積み上げてあるが、過度な負荷による傷害の危険性が最も高いのは一番下の袋であり、したがって最下段の袋についてのみ評価を行う。

作業の分析

各変数を測定し作業解析用紙 (図5) に記入す

* 同研究所 主任研究官

持ち上げ作業分析用紙												
部署	_____					作業内容	_____					
職種	_____						_____					
分析者名	_____						_____					
日時	_____						_____					
第一段階 各作業変数の測定と記録												
荷の重量 kg		手の位置 cm				垂直距離	非対称角度°		持ち上げ頻度	作業時間	荷の持ち易さ	
平均	最大	開始		終了		cm	開始	終了	回/分	hrs	C	
L(Ave)	L(Max)	H	V	H	V	D	A	A	F			
第二段階 各係数の決定と重量勧告値												
$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$												
開始位置	RWL =	23	x		x		x		x		=	_____ kg
終了位置	RWL =	23	x		x		x		x		=	_____ kg
第三段階 持ち上げ作業指数の算出												
開始位置	持ち上げ作業指数	荷の重量/RWL =		/		=	_____					
終了位置	持ち上げ作業指数	荷の重量/RWL =		/		=	_____					

図3 持ち上げ作業分析用紙

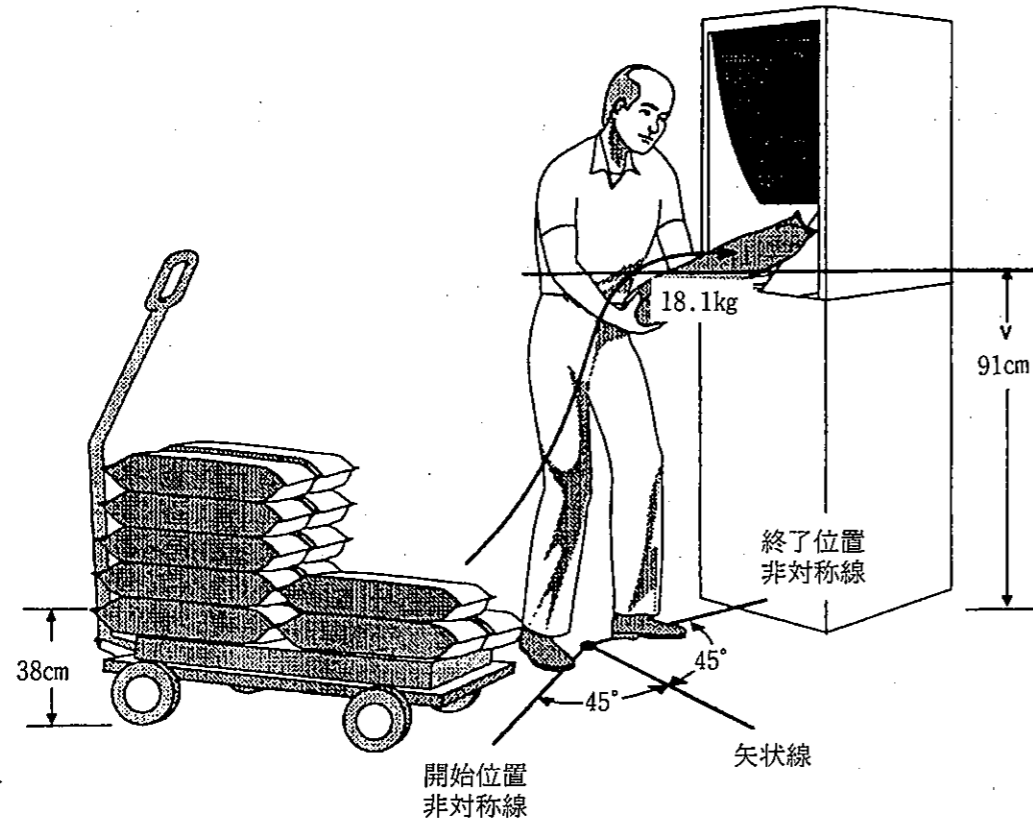


図4 攪拌機への投入作業

持ち上げ作業分析用紙

部署 製造 作業内容 攪拌機への材料投入
 職種 パッチ作業者
 分析者名 _____
 日時 _____

第一段階 各作業変数の測定と記録

荷の重量 kg	手の位置 cm		垂直距離 cm	非対称角度°		持ち上げ頻度 回/分	作業時間 hrs	荷の持ち易さ C			
	平均	最大		開始	終了						
L(Ave)	L(Max)	H	V	H	V	D	A	A	F	hrs	C
18.1	18.1	46	38	25	91	53	45	45	<0.2	<1	可

第二段階 各係数の決定と重量勧告値

$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$

開始位置 $RWL = 23 \times .54 \times .89 \times .90 \times .86 \times 1.0 \times .95 = 8.1$ kg

終了位置 $RWL = 23 \times \square \times \square \times \square \times \square \times \square \times \square = \square$ kg

第三段階 持ち上げ作業指数の算出

開始位置 持ち上げ作業指数 荷の重量/RWL = $18.1 / 8.1 = 2.2$

終了位置 持ち上げ作業指数 荷の重量/RWL = $\square / \square = \square$

図5 攪拌機への材料投入 (測定・分析)

る。荷を持った手の垂直方向位置 (V) は開始位置で38cm, 終了位置で91cmである。水平方向位置 (H) は開始位置で46cm, 終了位置で25cmである。非対称角度 (A) は開始位置で45°, 終了位置で45°であり, 頻度 (F) は1時間未満の作業で0.2回/分未満である (表2参照)。

作業者は手の指を90°まで曲げることができ, しかも袋は十分に堅い (袋が真ん中で凹むことはない) ので, 表3により, 持ちやすさの程度 (C) は「可」に分類できる。持ち上げ作業の終了位置での慎重な取り扱いが必要ないので, 重量勧告値 (RWL) は開始位置のみで計算する。各係数は表1~3から求める。図5に見られるように, この作業の重量勧告値 (RWL) は8.1kgである。

危険度の評価

持ち上げ重量 (L: 18.1kg) は重量勧告値 (RWL) よりだいぶ大きい。したがって持ち上げ指数 (LI) は $18.1/8.1$ で2.2となる。この仕事は多くの作業者にとって傷害のリスクが大きいものとなる。

改善の提案

分析結果から小さな係数 (大きな削減係数) は, 水平位置係数 (HM) 0.54, 非対称係数 (AM) 0.86, 垂直位置係数 (VM) 0.89であることがわかる。

したがって次のような改善の提案ができる。

1. 袋を作業者に近づけ水平位置係数 (HM) を大きくする。
2. 非対称角度 (A) を小さくし非対称係数 (AM) を大きくする。これは開始位置と終了位置を互いに近づけることでも遠ざけることでも達成できる。
3. 作業の開始位置 (V) を高くして垂直位置係数 (VM) を大きくする。

持ち上げる前に作業者が袋にもっと近づければ, 水平方向位置 (H) は25cmまで減少し, 水平位置係数 (HM) は1.0まで増加する。そうすれば重量勧告値 (RWL) は15.1kgまで増加し, 持ち上げ指数 (LI) は 1.2 ($18.1/15.1$) まで減少する (図6)。

持ち上げ作業分析用紙

部署 製造 作業内容 攪拌機への材料投入
 職種 パッチ作業者
 分析者名 _____
 日時 _____

第一段階 各作業変数の測定と記録

荷の重量 kg	手の位置 cm		垂直距離 cm	非対称角度°		持ち上げ頻度 回/分	作業時間 hrs	荷の持ち易さ C			
	平均	最大		開始	終了						
L(Ave)	L(Max)	H	V	H	V	D	A	A	F	hrs	C
18.1	18.1	25	38	25	91	53	45	45	<0.2	<1	可

第二段階 各係数の決定と重量勧告値

$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$

開始位置 $RWL = 23 \times 1.0 \times .89 \times .90 \times .86 \times 1.0 \times .95 = 15.1$ kg

終了位置 $RWL = 23 \times \square \times \square \times \square \times \square \times \square \times \square = \square$ kg

第三段階 持ち上げ作業指数の算出

開始位置 持ち上げ作業指数 荷の重量/RWL = $18.1 / 15.1 = 1.2$

終了位置 持ち上げ作業指数 荷の重量/RWL = $\square / \square = \square$

図6 攪拌機への材料投入 (改善案)

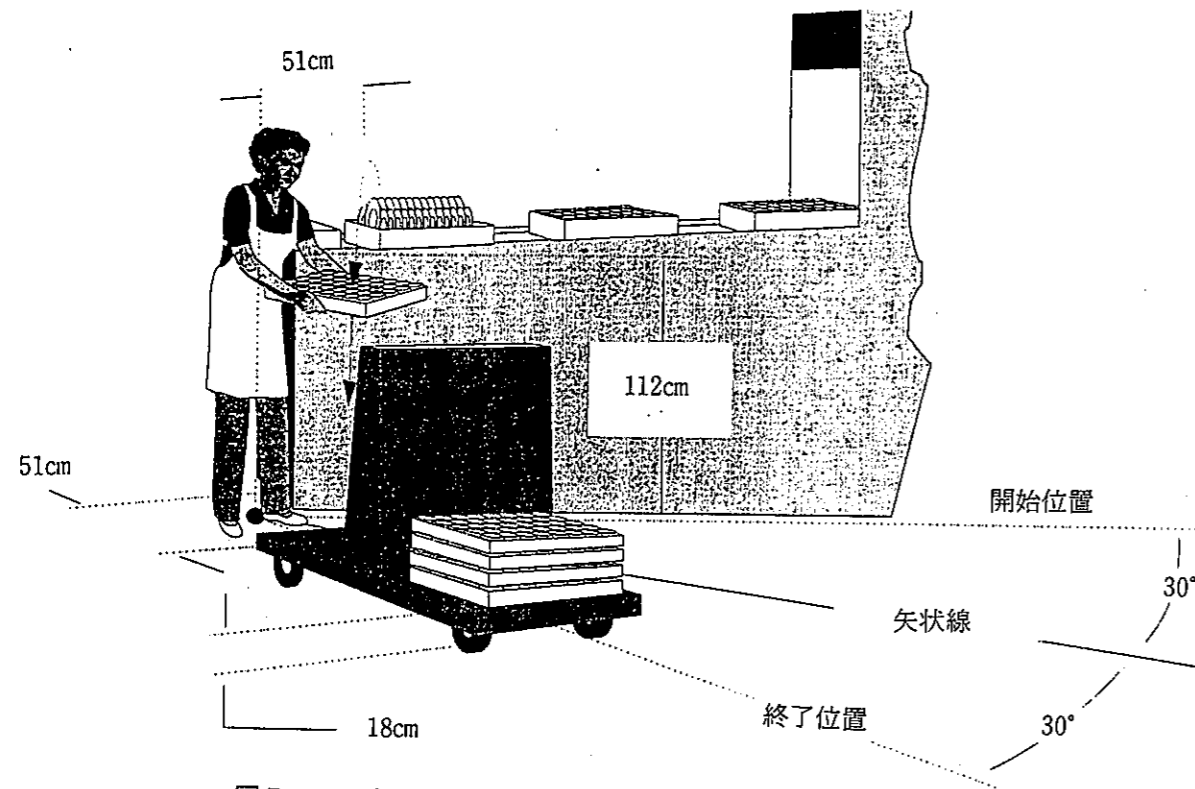


図7 ベルトコンベアーからの食器トレイ下ろし作業

持ち上げ作業分析用紙											
部署	食品課			作業内容							
職種	カフェテリア作業			ベルトコンベアーからの食器トレイ							
分析者名				下ろし作業							
日時											
第一段階 各作業変数の測定と記録											
荷の重量 kg		手の位置 cm				垂直距離 cm	非対称角度°		持ち上げ頻度 回/分	作業時間 hrs	荷の持ち易さ C
平均	最大	開始		終了			開始	終了			
L(Ave)	L(Max)	H	V	H	V	D	A	A	F		C
9.1	9.1	51	112	51	18	94	30	30	5	<1	良
第二段階 各係数の決定と重量勧告値											
$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$											
開始位置	$RWL = 23 \times .49 \times .89 \times .87 \times .90 \times .80 \times 1.0 = 6.3 \text{ kg}$										
終了位置	$RWL = 23 \times .49 \times .83 \times .87 \times .90 \times .80 \times 1.0 = 5.9 \text{ kg}$										
第三段階 持ち上げ作業指数の算出											
開始位置	持ち上げ作業指数 荷の重量/RWL = $9.1 / 6.3 = 1.4$										
終了位置	持ち上げ作業指数 荷の重量/RWL = $9.1 / 5.9 = 1.5$										

図8 ベルトコンベアーからの食器トレイ下ろし作業 (測定・分析)

持ち上げ作業分析用紙											
部署	食品課			作業内容							
職種	カフェテリア作業			ベルトコンベアーからの食器トレイ							
分析者名				下ろし作業							
日時											
第一段階 各作業変数の測定と記録											
荷の重量 kg		手の位置 cm				垂直距離 cm	非対称角度°		持ち上げ頻度 回/分	作業時間 hrs	荷の持ち易さ C
平均	最大	開始		終了			開始	終了			
L(Ave)	L(Max)	H	V	H	V	D	A	A	F		C
9.1	9.1	51	75	51	75	0	0	0	5	<1	良
第二段階 各係数の決定と重量勧告値											
$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$											
開始位置	$RWL = 23 \times .49 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times .80 \times 1.0 = 9.0 \text{ kg}$										
終了位置	$RWL = 23 \times .49 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times .80 \times 1.0 = 9.0 \text{ kg}$										
第三段階 持ち上げ作業指数の算出											
開始位置	持ち上げ作業指数 荷の重量/RWL = $9.1 / 9.0 = 1.0$										
終了位置	持ち上げ作業指数 荷の重量/RWL = $9.1 / 9.0 = 1.0$										

図9 ベルトコンベアーからの食器トレイ下ろし作業 (改善案)

例2 ベルトコンベアーからの食器トレイ下ろし作業

作業内容

図7のように、作業者は食器洗い機のベルトコンベアーから食器の入ったトレイを持ち上げ、これをカートに載せる。仕事は45分から1時間かかり、持ち上げ作業の頻度は平均5回/分である。作業者はトレイを持ち上げるために一方に身体を回転させ非対称持ち上げ作業、次いでトレイをカートに載せるために反対側に身体を回転させる。身体の回転の程度はどちらの方向にも同じ程度である。作業者は持ち上げ作業中にカートに向かって一歩踏み出す。トレイは良くデザインされていて、持つための切り込みがあり、軽い材質で出来ている。

作業の分析

各変数を測定し作業分析用紙に記入する (図

8)。持ち上げ作業の開始位置で水平方向位置(H)は50cm、垂直方向距離(V)は112cm、非対称角度(A)は30°である。トレイの重量(L)は2.5kgから9.1kgであるが、この場合は全てのトレイを9.1kgと仮定する。表3から持ちやすさの程度(C)は「良」に分類される。終了位置では慎重な取り扱いが必要とされる。表2から頻度係数(FM)は0.8となる。図8に示すように重量勧告値(RWL)は開始位置で6.3kg、終了位置で5.9kgである。

危険度の評価

持ち上げ重量(L:9.1kg)は開始位置でも終了位置でも重量勧告値(RWL)よりも大きい(6.3kgと5.9kg)。持ち上げ指数(LI)は開始位置で9.1/6.3で1.4、終了位置で1.5である。これらの結果から、この持ち上げ作業は、作業者によっては負担の大きいものとなることが示された。

改善の提案

作業分析結果から小さい係数(大きな削減)は、

水平位置係数(HM) 0.49, 頻度係数(FM) 0.80, 垂直位置係数(VM)0.89, 非対称係数(AW) 0.90である。これらから次のような改善案が考えられる。

1. トレイを作業者に近づけ水平位置係数(HM)を大きくする。
2. 持ち上げ作業頻度(F)を少なくして頻度係数(FM)を大きくする。
3. 作業終了位置(V)を高くして垂直位置係数(VM)を大きくする。
4. 作業開始位置と終了位置を互いに近づけるか遠ざけるかして, 身体の回転角度(A)を小さくし非対称係数(AW)を大きくする。

水平方向距離(H)は矢状面でのトレイの幅に依存しているので, この作業変数はトレイのサイズを小さくすることのみ減じることができる。一方垂直移動係数(DM)と垂直位置係数(VM)は, 開始位置を低くするか終了位置を高くすることで, 大きくすることができる。例えば開始位置と終了位置の両方で垂直方向位置(V)を75cmにすれば, 垂直位置係数(VM)と垂直移動係数

(DM)は改善後の作業分析用紙(図9)に示したように1.0となる。さらに身体の回転をなくすようにカートを移動させれば, 非対称係数(AW)は0.90から1.00に増加する。このように改善すれば, 図9のように重量勧告値(RWL)は6.3kgから9.0kgに増加し, 持ち上げ指数(LI)は1.0に減少する。

原本ではこのほかにも8例挙げ, さまざまな持ち上げ作業についての分析方法と改善案を示している。

持ち上げ作業式の適用に関する諸条件, 作業時間を求める場合の回復時間の考え方, 連続しない作業での頻度の求め方, 複数の作業が組み合わさった場合の評価方法等については紙面の都合により割愛した。詳細は原本を参照されたい。しかしこの「技術紹介」欄でNIOSH持ち上げ作業式の考え方や使用方法のたいたいは御理解いただけるものと思う。

NIOSH持ち上げ作業式による作業評価を, ビデオカメラとコンピューターを用いて簡単に行うシステム (Video WorksTM, Isotechnologies, U.S. A.) も開発されている。