臨床技術

論文受付
2015 年 5 月 19 日

論文受理
2015 年 10 月 3 日

Code No. 111

単純 X 線撮影業務における撮影台の高さと 診療放射線技師の作業負荷の関係

服部昭子¹ 溝口範子¹ 有村寿男¹ 深野祐一¹ 梅津芳幸¹ 藪内英剛²

¹九州大学病院医療技術部放射線部門

²九州大学大学院医学研究院保健学部門

緒 言

厚生労働省は、平成 6 年 9 月に「職場における腰痛予防対策指針」¹⁾を示し、主に重量物を取り扱う事業場などに対して、腰痛を予防するための啓発や指導を行ってきた。しかし職場での腰痛は、休業 4 日以上の職業性疾患のうち 6 割を占める労働災害となっており、特に介護や看護など社会福祉施設をはじめとする保健衛生産業では、最近の 10 年間で腰痛発生件数が 2.7 倍にも増加している²⁾。このような背景のもと、平成 25 年 6 月に「職場における腰痛予防対策指針」が改訂され、適用対象が福祉・医療分野等における介護・看護作業全般に広げられた²⁾。

この中で、作業姿勢は前屈や中腰などの不自然な姿勢を取らないように、またその程度をできるだけ小さくすること、ベッドサイドの介護・看護作業では、作業者が立位で前屈にならない高さまで電動で上がるベッドを使用し、各自で作業高を調整させること²⁾、などが示されている。

他業種による先行研究でも、前屈や中腰姿勢などは腰部に負荷がかかり、腰痛や筋骨格系障害に強い関連性を持つという点において、人間工学的に注目されている³⁻¹⁶⁾。

診療放射線技師業務の中でも、単純 X 線撮影業務は、前屈や中腰などの姿勢をとることが多く、その姿

The Relation between the Height of Radiographic Table and Workloads of Radiologic Technologist in General X-ray Examinations

Akiko Hattori,^{1*} Noriko Mizoguchi,¹ Hisao Arimura,¹ Yuuichi Fukano,¹ Yoshiyuki Umezu,¹ and Hidetake Yabuuchi²

¹ Division of Radiology, Department of Medical Technology, Kyushu University Hospital

² Department of Health Sciences, Faculty of Medical Sciences, Kyushu University

Received May 19, 2015; Revision accepted October 3, 2015

Code No. 111

Summary

Workloads of radiological technologists under different conditions of heights of radiographic table and/or X-ray tube assembly were calculated using a software for preventing musculoskeletal complaint to investigate optimal working environment for general X-ray examinations. In the patient positioning, compressive force of lumbar disc decreased at higher radiographic table within the range of 45–90 cm. On the other hand, workload of the shoulder joint increased with increase in the height of radiographic table. Load of the shoulder joint similarly increased as the height of the X-ray tube assembly increased. Compressive force of lumbar disc reduced by approximately 10–30% as the height ratio of the radiographic table to body height increased by approximately 40%, compared to the lowest table of 45 cm. Muscle load of a 50-years-old woman was approximately double compared to a 30-year-old man, even in the same workload. It is important to keep suitable height of radiographic table for reduction of the workloads of lumbar rather than shoulder joint, because floating-type radiographic table is generally used.

Key words: radiologic technologist, height of a radiographic table, workload

*Proceeding author

Fig. 1 Examples of position of radiologic technologist for performing the patient positioning at height of a table for (a) 45 cm and (b) 70 cm.

勢で位置合わせのために患者の身体の一部、またカセットや撮影器具を持ち上げなければならないなど、腰部の負荷が大きい。更に患者が臥床しているフローティング天板をスライドさせる動作や位置合わせに伴う一連の作業は、撮影台が低いと強い前屈姿勢となる。腰部の障害を防止するためにも適切な高さの撮影台での作業が望まれるが、source image receptor distance (SID) を一定に保つには X 線管装置も撮影台に追従した高さとなるため、その高さでの X 線管装置の操作時の負荷についても問題となる。

本研究の目的は、単純 X 線撮影業務における撮影台上の患者の位置合わせ、および天井走行式 X 線管装置の移動操作を行う診療放射線技師の姿勢において、腰部および肩関節まわりの作業負荷を、撮影台および X 線管装置の高さを変化させて定量的に評価することによって、適切な作業環境を解明することである。

1. 方法

1-1 位置合わせを行う診療放射線技師の作業負荷の算出

1-1-1 対象とした作業モデル

対象とした作業モデルは、単純 X 線撮影業務に従事する診療放射線技師 8 名(男性 5 名、女性 3 名)とした。靴の高さ 1 cm を加味した身長は 154~180 (167.6 $\pm$ 9.2) cm、年齢は 23~59 (35.9 $\pm$ 14.6) 歳であった。

1-1-2 対象とした作業姿勢

水平式撮影台上に臥床した患者の骨撮影や腹部撮影などの単純 X 線撮影を想定し、撮影台の高さに応じて患者位置合わせを行う診療放射線技師の姿勢を作業負荷算出の対象とした。使用した単純 X 線撮影システムは Radnext- α (株式会社日立メディコ社製)である。

作業モデルには事前に本研究の趣旨を説明し、作業モデルの位置は、患者の左右中心に相当する位置から作業モデルの足先までの距離を 40 cm とした。これは、使用した撮影台の天板の横径 80 cm の 1/2 に相当する距離である。使用した昇降式撮影台は、床からの高さを 45 cm から 90 cm まで変えることができ、その全領域を 5 cm ステップで変えた高さに対して、実際の位置合わせ時の前屈姿勢を再現し、デジタルカメラでその静止画像を取得した (Fig. 1a, b)。

1-1-3 作業負担評価ソフトで使用したシミュレーション条件

取得したデジタルカメラの画像を用いて、首都大学東京の瀬尾によって作成された筋骨格系障害予防のための作業負担評価ソフト BlessPro ver.2.52 によって作業負荷を計算した。これは、画像上の頭頂、肩峰、大転子、膝関節、足関節、手の 6 部位の位置(座標)を同定する (Fig. 2) ことによって、腰部椎間板圧迫力、腰部椎間板剪断力、脊柱起立筋筋力、更に種々の関節まわりのモーメントや受容率(その関節にかかるモーメントに人が耐えられるかどうか)、% maximum vol-

Fig. 2 Six points for measurements.

untary contraction (MVC), 保持可能時間の計算が行われ表示される。本ソフトにおける体格パラメータの推定式は、(社)人間生活工学研究センターが所有する日本人の人体計測データベースより作成されたものである。

厚生労働省は「日本人の食事摂取基準(2015年版)」策定検討会報告書の中で、目標とする body mass index (BMI) の範囲について、18~49 歳については 18.5~24.9 kg/m², 50~69 歳については 20.0~24.9 kg/m² としている¹⁷⁾。本研究は、作業者モデルの個別評価が目的ではなく、一般化するために標準的な体型での評価が必要であるため、各作業者モデルの身長に応じて上記範囲の中央の値である BMI 22 kg/m² となる体重の値を使用した。また、文部科学省平成 25 年度体力・運動能力調査結果によると、筋力の指標とされる握力のピークは、男性は 30~34 歳、女性は 40~44 歳であるため¹⁸⁾、全員をそのピークの 30 歳男性、および筋力の低下が予想される 50 歳女性として一般化することによって評価を行った。

Fig. 3 に、身体各部の体重比¹⁹⁾を示す。例えば、頭部の質量は体重比 8% であるため、体重 65 kg の人は 5 kg、軀幹部の質量は体重比 46% であるため、その半分の質量を対象とすると 15 kg となる。一方、患者体表面上で骨の位置確認や光照射野のサイズを手で確認する作業などは、手に荷重がかからない。したがって、患者位置合わせ時に手にかかる荷重は、0, 5, 15 kgf(キログラム重)としてシミュレーションした。

筋骨格系障害予防のための作業負担評価ソフトによって算出された結果のうち、腰部の作業負担の評価として、National Institute of Occupational Safety and

Fig. 3 Proportions of weight to parts of the body (%).

Health (NIOSH)²⁰⁾ や Jäger ら²¹⁾ が許容限界値や基準値を示した腰部椎間板圧迫力を使用した。これは、重量物の運搬などでは、腰部にかかる力が脊椎の椎間板やその周辺筋肉の障害に結びつき腰痛の原因になるという仮説に基づき、腰仙部にかかる力を定量化したものである¹⁴⁾。肩関節まわりの作業負担の評価については %MVC を使用した。これは、その筋の等尺性最大随意収縮を基準としたときの必要筋力の割合で、本研究では、最大限発揮できる筋張力に対して余裕があるほど筋負担が小さいと仮定し、筋負担を表す指標として使用した²²⁾。

1-2 X線管装置の移動操作を行う診療放射線技師の作業負担の算出

1-2-1 対象とした作業者モデル

1-1-1 と同様とした。

1-2-2 対象とした作業姿勢

1-1-2 と同様に、天井走行式 X 線管装置の移動操作を行う診療放射線技師の姿勢を作業負担算出の対象とした。

作業者モデルの位置は、患者の左右中心に相当する位置から作業者モデルの足先までの距離は、1-1-2 と同様に 40 cm とした。

1-1-2 の昇降式撮影台の高さのうち、SID が 110 cm を確保できる X 線管装置の操作スイッチの床からの高さは 153 cm から 188 cm であった(撮影台の高さは 45 cm から 80 cm に相当する)。その全領域を 5 cm ステップで変えた X 線管装置に対して、実際の X 線

a | b

Fig. 4 Examples of position of the radiologic technologist for moving an X-ray tube assembly at height for (a) 153 cm and (b) 178 cm.

管装置の移動操作の姿勢を再現し、デジタルカメラでその静止画像を取得した(Fig. 4a, b).

1-2-3 作業負担評価ソフトで使用した

シミュレーション条件

1-1-3と同様に、取得したデジタルカメラの画像を用いて、筋骨格系障害予防のための作業負担評価ソフト BlessPro ver.2.52 によって作業負担を計算した。

作業モデルの実際の体重は考慮せず、各作業モデルの身長に応じて BMI 22 kg/m^2 となる体重の値を使用した。全員を 30 歳男性、および 50 歳女性と仮定した評価を行った。

天井走行式 X 線管装置の移動操作は、作業モデルが X 線管装置を手前に引く(幅方向の移動)ことを想定した。この操作に必要な力は、デジタルフォースゲージ(ZP-1000N, 株式会社イマダ)による事前の測定によって 5 kgf として計算した。

筋骨格系障害予防のための作業負担評価ソフトによって算出された結果のうち、1-1-3と同様に、腰部の作業負担については腰部椎間板圧迫力、肩関節まわりの作業負担については %MVC での評価を行った。

なお本研究は、当院の臨床研究倫理審査委員会の許可を得た。

2. 結果

2-1 位置合わせを行う診療放射線技師の作業負担の算出

昇降式撮影台の高さが 45 cm から 90 cm まで 5 cm

ステップそれぞれにおいて、撮影台上の患者位置合わせを行う姿勢での診療放射線技師の作業負担の結果を示す。

位置合わせ時に手にかかる荷重を 0, 5, 15 kgf とし、作業モデルが 30 歳男性および 50 歳女性と仮定して算出したものである。

まず、撮影台の高さによる腰部椎間板圧迫力の結果を示す。30 歳男性で手にかかる荷重が 0, 5, 15 kgf の結果はそれぞれ Fig. 5a~c, 50 歳女性で手にかかる荷重が 0, 5, 15 kgf の結果はそれぞれ Fig. 5d~f である。横軸は撮影台の高さを各作業モデルの身長比(%)で表したものであり、右にいくほど撮影台は高い。縦軸は腰部椎間板圧迫力(N)を示している。

Fig. 5a~f のすべての場合において、グラフは右下がりの傾向を示した。つまり腰部椎間板圧迫力は、撮影台が低く前屈姿勢が強い場合に最大となり、撮影台の上昇とともに小さくなった。また手にかかる荷重が 0 kgf (Fig. 5a, d), 5 kgf (Fig. 5b, e), 15 kgf (Fig. 5c, f) と大きくなるほど、腰部椎間板圧迫力は大きくなった。

撮影台の高さが同じであれば多くの場合、腰部椎間板圧迫力は、身長が高いほど大きくなった(Fig. 5a~f)。

次に、撮影台の高さによる肩関節まわりの負担の結果を示す。30 歳男性で手にかかる荷重が 0, 5, 15 kgf の結果はそれぞれ Fig. 6a~c, 50 歳女性で手にかかる荷重が 0, 5, 15 kgf の結果はそれぞれ Fig. 6d~f である。横軸は撮影台の高さを各作業モデルの身長比(%)で表したものであり、右にいくほど撮影台は高

Fig. 5 Compressive force of lumbar disc for performing the patient positioning on a radiographic table.

- (a) Load: 0 kgf 30 y male
 (b) Load: 5 kgf 30 y male
 (c) Load: 15 kgf 30 y female
 (d) Load: 0 kgf 50 y female
 (e) Load: 5 kgf 50 y female
 (f) Load: 15 kgf 50 y female

Fig. 6 %MVC of shoulder joint for performing the patient positioning on a radiographic table.

- (a) Load: 0 kgf 30 y male
 (b) Load: 5 kgf 30 y male
 (c) Load: 15 kgf 30 y male
 (d) Load: 0 kgf 50 y female
 (e) Load: 5 kgf 50 y female
 (f) Load: 15 kgf 50 y female

い。縦軸は肩関節まわりの %MVC を示している。

Fig. 6a~f のすべての場合において、グラフは右上がりの傾向を示した。つまり肩関節まわりの %MVC

は、撮影台の高さが高くなるとともに大きくなった。

手に何も荷重がかかっていなければ、撮影台が高くなっても肩関節にかかる作業負荷の増加は小さいが

Fig. 7 Compressive force of lumbar disc for moving an X-ray tube assembly.

(a) Load: 5 kgf 30 y male
(b) Load: 5 kgf 50 y female

Fig. 8 %MVC of shoulder joint for moving an X-ray tube assembly.

(a) Load: 5 kgf 30 y male
(b) Load: 5 kgf 50 y female

(Fig. 6a, d), 荷重が大きくなると、肩関節まわりの %MVC は増加傾向が大きくなった (Fig. 6b, c, e, f).

50 歳女性 (Fig. 6d~f) は、30 歳男性 (Fig. 6a~c) と比べて、同じ荷重でも筋が発揮できる筋張力に対して余裕がなく、筋負担が大きくなった。

2-2 X 線管装置の移動操作を行う診療放射線技師の作業負荷の算出

撮影台から SID 110 cm で追従する天井走行式 X 線管装置の高さ (床から操作スイッチまでの高さ) 153 cm から 188 cm まで 5 cm ステップについて、X 線管装置を操作するときの腰部椎間板圧迫力を Fig. 7a, b に、肩関節まわりの %MVC を Fig. 8a, b に、作業モデル 8 名のそれぞれの結果を示す。グラフは結果 2-1 と同じく、横軸は、この時の撮影台の高さを各作業モデルの身長比 (%) で表したものである。

まず腰部椎間板圧迫力についてみると、30 歳男性 (Fig. 7a) でも、50 歳女性 (Fig. 7b) でも、X 線管

装置の高さが高くなるに従って、腰部椎間板圧迫力はわずかに増加する傾向にあった。

つぎに肩関節まわりの作業負荷 (Fig. 8a, b) では、X 線管装置の上昇とともに肩関節まわりの %MVC が大きく、特に 50 歳女性 (Fig. 8b) は 30 歳男性 (Fig. 8a) に比べて負荷が大きくなった。

3. 考 察

前屈などの不自然な姿勢の特徴は、その姿勢の保持に高い筋力が必要とされることである。力学的には、腰を中心として上半身が前に倒れようとする回転モーメントを、脊柱起立筋の筋力によるモーメントでバランスをとっていることになる¹⁴⁾。これに、手にかかる荷重が増せば、脊柱起立筋は更に大きな筋力を必要とする。

本研究では、前屈姿勢をとることが多い単純 X 線撮影業務に関し、腰部および肩関節まわりの作業負荷について、バイオメカニカル解析によって定量的な評

価を行った。使用した筋骨格系障害予防のための作業負担評価ソフト BlessPro ver.2.52 は、他業種での先行研究においても多く使用され^{13, 23~25)}。全身の関節や筋などにかかる負担を数値化することによって推測し、作業上の問題点や改善可能性を評価できるものである。

最初に、本研究では、位置合わせを行う診療放射線技師の作業負担について、腰部椎間板圧迫力は、撮影台が低く強い前屈姿勢の場合に最大となり、撮影台の上昇とともに小さくなるという結果を得た (Fig. 5a~f)。また、同じ高さの撮影台で BMI を 22 kg/m^2 一定とすれば、身長が高いほど腰部椎間板圧迫力の値が大きくなる傾向にあった。これは、身長が高くなると上半身の重量も大きくなるのに加えて、撮影台の高さが同じであれば、前屈角度が大きくなるためである。したがって、手にかかる荷重が 15 kgf と大きい場合、特に身長が高い作業者が低い撮影台で作業を行うと、NIOSH の荷物取扱基準の腰部椎間板の許容荷重限界値である約 3400 N ²⁰⁾を上回る恐れがある (Fig. 5c, f)。

Jäger らは、年齢・性別による腰痛予防のための腰部負担の基準値を提唱している。例えば 30 歳男性で 5000 N 、50 歳女性で 2500 N である²¹⁾。本研究の結果、50 歳女性が低い撮影台で作業を行うと、手にかかる荷重が 5 kgf であっても、基準値の 2500 N を上回ることがある (Fig. 5e, f)。

本研究では BMI は 22 kg/m^2 一定で算出したが、BMI がより大きい場合、上半身の重量も増えるため、腰部椎間板圧迫力は同じ身長でも大きくなることは注意が必要である。また人間工学的には、立位で作業する際の最適な作業面の高さは、男性 90 cm 、女性 85 cm ともいわれている¹⁹⁾が、単純 X 線撮影業務の場合、安全性や操作性、快適性なども合わせて考える必要がある。

なお本研究は、膝関節を伸展し、下肢を撮影台の縁にあてない状態で行った。小川は、ベッド上の患者の体位変換を行う際、熟練した看護師は、膝関節を軽度屈曲して大腿部をベッドの縁にあてる姿勢によってバランスをとっている²⁶⁾。単純 X 線撮影業務においても撮影台の高さを変えることができない場合、腰部の負担を低減できる可能性として、膝関節を伸展して前屈するよりも、膝関節を軽度屈曲して大腿部を撮影台の縁にあてる姿勢を取り入れることも考慮すべきである。

また小川は他著書の中で、ベッド上の患者をシートごと手前に引くとき、自分の膝をベッドの縁に当てる

と、立位時の足から手までの距離(足を中心とした力のモーメントの腕の長さ)が膝から手までの距離(膝を中心とした力のモーメントの腕の長さ)に変わり、つまり重心にかかる重力(上体部分の体重)も引っ張り力を補うように作用するので、手で引く力が強まって患者の移動は容易になるとしている²⁷⁾。このようなボディメカニクス²⁷⁾の利点を単純 X 線撮影業務の中でも取り入れることによって、筋骨格系障害の防止に努めることは重要である。

NIOSH の腰部椎間板の許容荷重限界値や Jäger らの基準値を超えるような状況は、日常の単純 X 線撮影業務の中では多くはないともいえるが、基準値には達していなくても継続した疲労の蓄積が、慢性的な症状を引き起こす危険性も考慮しなければならない。このような非災害性腰痛は、労働災害として認定されにくいのが現状である²⁸⁾。

撮影台が高くなると肩関節まわりの %MVC は高値を示した (Fig. 6a~f)。つまり、作業負担が大きくなった。手に荷重がかかるとこれが顕著になり、撮影台 90 cm では最低の 45 cm の 1.5 倍程度となった (Fig. 6b, c, e, f)。50 歳女性は、30 歳男性と比べて、同じ荷重でも筋が発揮できる筋張力に対して余裕がなく %MVC が大きく、筋負担が大きいことを示した (Fig. 6a~f)。

近年の X 線管装置は液晶モニタの装備などによって重量が大きくなり、男性に比べて体格が小さく筋力的にも不利な女性にとって、作業負担が大きくなる。2 番目の天井走行式 X 線管装置の移動操作を行う作業負担の評価では、X 線管装置を手前に引く操作を前提としたが、この方向での最大発揮力は体重の 10% 程度といわれており²⁹⁾、特に体重が小さい作業者の場合、移動操作に最大に近い力を必要とすることもある。今回の結果では、X 線管装置の移動操作は、その高さによる影響は、腰部椎間板圧迫力のわずかな増加として現れた (Fig. 7a, b)。一方、肩関節まわりの作業負担として %MVC についてみると 30 歳男性 (Fig. 8a) に比べて 50 歳女性 (Fig. 8b) は、筋が発揮できる筋張力に対して余裕がなく、2 倍近い筋負担がかかっていた。

近年、腰痛とともに問題とされる筋骨格系障害の中に頸肩腕障害があり²⁸⁾、上肢を拳上した高い位置で重量物を操作する不自然な動作は好ましくないと考えられている。本研究では、X 線管装置を手前に引く(幅方向の移動)操作は、事前の測定によって 5 kgf として計算した。しかし当院の複数の X 線管装置では、更に大きな力を必要とするものが多く、X 線管装置

の操作の負荷が小さい単純 X 線撮影システムの開発が望まれる。

総合的にみると、腰痛防止を目的とすれば撮影台は高い方がよいが、これは同時に肩関節まわりの作業負荷を増加させる。しかしフローティング天板の使用によって X 線管装置の移動操作が少なくて済むことや、撮影機器の開発によって X 線管装置の軽量化、低い位置での X 線管装置の操作の可能性、加えて安全面を十分考慮したうえである程度の自動化が実現することを期待すると、撮影台を身長比 40% 程度(直立で手指の先端程度の高さ)にすれば、最低の 45 cm の高さでの作業に比べて、腰部に関しては 10~30% の作業負荷の低減が可能である。

診療放射線技師業務の中でも作業負荷が大きい単純 X 線撮影業務において、適切な姿勢で作業できる環境を整えることは、作業者の快適な作業と障害予防のためにも大切なことである。

4. 結 語

単純 X 線撮影業務において、撮影台および X 線管装置の高さが異なるときの診療放射線技師の作業負荷を評価した。

患者位置合わせ時は、撮影台の高さ 45~90 cm の範囲では、撮影台が高いほど腰部椎間板圧迫力は小さくなった。撮影台を身長比 40% 程度まで高くすると、45 cm の高さのときに比べて、腰部椎間板圧迫力は 10~30% 程度減少した。しかし、肩関節まわりの負荷は、撮影台が高くなるとともに大きくなった。X

線管装置操作時は、X 線管装置の高さが高くなるほど特に肩関節まわりの負荷が大きくなった。50 歳女性は、30 歳男性と比べて、同じ荷重でも筋負担が 2 倍程度であった。

単純 X 線撮影業務では、近年フローティング天板の撮影台が一般的になっているため、肩関節まわりの負荷よりも腰部の作業負荷の低減を重視すべきであり、撮影台の高さを調整して業務を行うことが重要である。

謝 辞

放射線技術学の中に人間工学的思想を導入する重要性をお示しいただいた元九州大学病院放射線部 森山有相氏、新開英秀氏、臨床業務の中で本研究の基礎となる考え方をご指導いただいた焼山 滉氏、榊 和宏氏、医用 X 線システムの人間工学的設計について具体的にお示しいただいた森 定義氏に深くお礼申し上げます。また、本研究の開始時からお力添えいただいた九州大学病院医療技術部 大屋信義部長、本論文の投稿に際してご助言いただいた中村泰彦診療放射線技師長、本研究にご協力いただいた九州大学病院医療技術部放射線部門のみなさま、英文の作成にご協力いただいた純真学園大学の田中延和氏に心よりお礼申し上げます。

なお本論文の要旨の一部は、第 8 回九州放射線医療技術学術大会(2013 年、佐賀)にて発表した。

参考文献

- 1) 厚生労働省労働基準局. 職場における腰痛予防対策指針. 平成 6 年 9 月 6 日基発第 547 号.
- 2) 厚生労働省労働基準局. 職場における腰痛予防対策指針. 平成 25 年 6 月 18 日基発 0618 第 1 号.
- 3) 瀬尾明彦. 介護作業にみられる人間工学的諸問題. 人間工学 1997; 33(特別号): 66-67.
- 4) 瀬尾明彦, 宇土 博, 吉永文隆. 取扱い重量と前屈姿勢による腰部負担評価のための筋電位測定法. 産業医学 1993; 35(1): 19-24.
- 5) 近藤雄二. 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. 奈医誌 1992; 43(4): 272-283.
- 6) 玉之内健, 小川鑑一, 国澤尚子. 臀部拳上動作における看護動作負担軽減の研究. 人間工学 2002; 38(特別号): 586-587.
- 7) 鈴木玲子, 浅野順一, 小川鑑一. ベッド高さ別にみた体位変換の作業負担の検討. 人間工学 2001; 37(特別号): 276-277.
- 8) 橋本晃司, 横山詔常, 越智資泰, 他. 先端技術を活用した農林水産研究高度化事業 低棟ハウスと全面水耕
- ベッドによる葉菜類の超低コスト・高収益施設(第 1 報)~デジタルヒューマン活用による最適な作業位置の検証~. 広島県立西部工技研究報告 2008; 51: 45-48.
- 9) 田丸朋子, 阿曾洋子, 伊部亜季, 他. ベッドの高さの違いからみた移動援助時の患者の頸部筋負担及び看護師の作業効率への影響. 人間工学 2010; 46(1): 10-15.
- 10) 山本華代, 神代雅晴, 衛藤理砂, 他. 某製造工場における腰痛と作業姿勢及び生活習慣との関係. 産衛誌 2004; 46(3): 78-88.
- 11) 小貫泰志, 武田秀和, 大枝泰彰, 他. 介護老人保健施設におけるオムツ交換作業中の介護者の生体負担. 日本生理人類学会誌 2004; 9(3): 109-114.
- 12) 藤村昌彦, 奈良 勲. 重量物持ち上げ動作における腰痛症発生機序に関する筋電図学的研究. 日職災医誌 2004; 52(6): 341-347.
- 13) 祝原竜太, 三野智弘, 御手洗正文, 他. イチゴ高設栽培システムの設計要素に関する基礎研究. 九州農業研究発表要旨集 2006; 67(8): 147.
- 14) 大島正光, 大久保堯夫. 五感とサイズを科学する. 人間工学の百科事典. 丸善, 東京, 2005: 40-42.

- 15) 小川鑛一. イラストで学ぶ看護人間工学. 東京: 東京電気大学出版局, 2008.
- 16) 平田雅子. 力学を人体に適用する. ベッドサイドを科学する—看護に生かす物理学—. 学研マーケティング, 東京, 2000: 57-62.
- 17) 厚生労働省. 日本人の食事摂取基準(2015年版)策定検討会報告書. 2014.
- 18) 文部科学省. 平成 25 年度体力・運動能力調査結果の概要. 2013.
- 19) 小原二郎. 暮らしの中の人間工学. 東京: 実教出版株式会社, 2011.
- 20) U. S. Department of health and human services, centers for disease control, National Institute for Occupational Safety and Health, division of biomedical and behavioral science. Work practices guide for manual lifting. Cincinnati Ohio: 1981.
- 21) Jäger M, Luttmann A. The load on the lumbar spine during asymmetrical bi-manual materials handling. *Ergonomics* 1992; 35(7-8): 783-805.
- 22) 茅原崇徳, 瀬尾明彦. 筋負担の総合評価に基づく人間工学的設計法に関する基礎的検討. 日本機械学会論文集 C 編 2011; 77(780): 3104-3116.
- 23) 宮寄朋浩, 片岡正登. イチゴ栽培システムにおける作業姿勢に基づく農作業の労働負荷測定および評価法の確立. 長崎総農林試研報 2004; 30: 29-39.
- 24) 飯田 誠, 遠藤仁彦, 樋口幸作, 他. 漁労による身体負荷の人間工学的解析とその評価について. 日本水産工学会学術講演会講演論文集 2005; 17: 157-160.
- 25) 瀬尾明彦. 産業現場における作業負担の計測と評価に関する研究. 産衛誌 1999; 41(臨時増刊): 150-151.
- 26) 小川鑛一, 鈴木玲子, 大久保祐子, 他. 熟練者と初学者の違い. 看護動作のエビデンス. 東京電気大学出版局, 東京, 2003: 134-154.
- 27) 小川鑛一. 看護・介護の姿勢・動作とボディメカニクス. 看護・介護を助ける姿勢と動作. 東京電気大学出版局, 東京, 2010: 161-164.
- 28) 埴田和史. 腰痛・頸肩腕障害の治療・予防法. 京都: かもがわ出版, 2008.
- 29) Etienne Grandjean. 作業設計のガイドライン. 産業人間工学. 啓学出版, 東京, 1992: 26.

問合先

〒 812-8582 福岡市東区馬出 3-1-1
九州大学病院医療技術部放射線部門 服部昭子