

## 論文

# 下肢の支持性が低下した人に対する 移乗サポートロボットを用いての 立ち上がり動作の検証



伊丹君和<sup>1)</sup>、安田寿彦<sup>2)</sup>、豊田久美子<sup>1)</sup>、石田英實<sup>1)</sup>  
久留島美紀子<sup>1)</sup>、藤田きみゑ<sup>1)</sup>、田中勝之<sup>2)</sup>、森脇克巳<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>滋賀県立大学人間看護学部、<sup>2)</sup>滋賀県立大学工学部

**背景** 高齢化が進む中で人間の基本的な生活行動に看護支援が必要な人々が増加するとともに、看護する側である看護者または介護者の腰痛は多発する状況にある。特に、車椅子移乗援助に伴う看護者の腰部負担率は高く、これは在宅で要介護者を介護する家族にとっても同様である。このため、移乗援助に看護支援が必要な人々に対してその自立を旨しサポートするとともに、リフトやロボットなどの移乗支援機器を開発し適切な活用法を見いだすことは、サポートが必要な人の自立のみならず看護または介護する者の腰部負担軽減にとって急務である。

**目的** 本研究では、移乗動作をサポートする試作ロボットを用いて、下肢の支持性が低下した人に対する車椅子移乗動作のうち、立ち上がり動作についての筋電図による分析を行う。また、同被験者に対して実験に伴う主観的反応やロボットを用いての使いやすさ等の調査を行う。これらの結果をもとに、ロボットを用いての有効な立ち上がり動作について検証する。

## 方法

1. 対象および研究方法 2004年3月、以下の実験および調査を実施した。

被験者は、両下肢の支持性低下を想定した平均的体格の男子学生4名と女子学生4名とした。実験は、被験者の重心をロボットに近づけてほぼ垂直に立ち上げる方法（垂直法）と被験者を前傾させながら立ち上げる方法（前傾法）の比較検証とした。分析は、表面筋電図測定装置SX230（8ch仕様）を用いて、動作実験結果をもとに各被験筋についての筋積分値を算出し検証した。

尚、同被験者に対して、作業直後にロボットを用いての使いやすさ・安心感、主観的反応についての調査を行った。

2. 倫理的配慮 対象は研究の趣旨に同意した者のみとし、研究参加に同意した後でもいつでも辞退可能であること。また、プライバシーの保護についても文書と口頭で伝えた。

**結果** 下肢の支持性が低下した人を想定した被験者8名に対するロボットを用いての立ち上がり動作実験を行った結果、動作開始から13秒間の筋積分値では、垂直法において上腕部・前腕部および背部の筋積分値は顕著に高値を示し、前傾法と比較して立ち上がり動作時に筋疲労をより多く伴うことが明らかとなった。

また、実験に伴う主観的反応を調査した結果、垂直法では特に前腕部の苦痛症状は高値であり、ロボットを用いての使いやすさや安心感も低値を示した。一方、前傾法ではロボットを用いての使いやすさや安心感が高いものの胸部・腹部の苦痛症状は高値を示した。

**結論** 下肢の支持性が低下した人に対するロボットを活用しての立ち上がり動作では、垂直に立ち上がる方法は被験者の腕部に筋疲労および苦痛を大きく伴い活用は困難と考えられた。一方、前傾にしながら立ち上がる方法では筋疲労は比較的低く、胸部や腹部など身体に密着する側に改善を加えれば有効に活用できる可能性はあると考えられた。

**キーワード** 車椅子移乗サポート、立ち上がり動作、表面筋電図

## I. 緒言

高齢化が進む中で、人間の基本的な生活行動に看護支援が必要な人々が増加するとともに、看護する側である臨床現場における看護者の腰痛は多発する状況にある<sup>1)2)</sup>。このため看護支援が必要な人々に対してその自立を旨

2004年9月30日受付、2005年1月6日受理

連絡先：伊丹 君和

滋賀県立大学人間看護学部

住 所：彦根市八坂町2500

E-mail: k-itami@nurse.usp.ac.jp

しサポートするとともに、看護者に対してもその身体的負担を軽減することは重要な課題である<sup>9)~7)</sup>。特に、看護者が援助時に腰痛を引き起こす危険因子として、狭い空間での不自然な作業姿勢、重量物の取り扱い、腰のねじりを伴う作業が指摘されており<sup>8)</sup>、これらの因子が複合される車椅子とベッド間などの移乗動作は大きな負担を生じる。

このような状況の中、我々は前報<sup>9)</sup>に引き続き、基本的な生活行動の中でも患者の生活行動の範囲をより拡大可能にする「動くこと」即ち「移乗・移動」に焦点を当て研究を行っている。前報では、車椅子移乗動作の中でも比較的看護支援を行う頻度が高い片麻痺のある人を設定して移乗動作分析を行った。その結果、患者の残存能力を活用しながら、患者の安全・安楽・自立を最大限に考慮するとともに看護者の腰部負担を軽減するには、患者の麻痺足を固定して移乗する外足法が有効であることを検証した。

しかしながら、移乗動作は看護する者と看護支援を受ける者との両者で行う協同作業であるということに加えて、両者が極度に接近し、回転動作が加わるという複雑な動作構成に制限されること、並びに、両者の力作用が複雑であることにより定量的な実験計測は遂行しにくいという一面を持つ<sup>10)</sup>。そのような中、水戸ら<sup>11)</sup>は介助者の足位置の違いによる姿勢や重心動揺分析を行い、守安ら<sup>12)</sup>は薄型力センサによる動作負担分析を実施している。また、小野寺ら<sup>13)</sup>も動作時の床反力計測を行い足位置による動作安定性の違いなどを検証している。しかし、移乗動作を必要とする人の機能障害や麻痺などの状態は様々であり、その看護支援の方法も確立されていないのが現状である。

また、車椅子移乗動作をサポートする者の腰部負担率の高さは、在宅で要介護者を介護する家族にとっても同様である。そのため、移乗動作にサポートが必要な人々に対してその自立を旨とし支援するとともに、リフトやロボットなどの移乗支援機器を開発し適切な活用法を見いだすことは、サポートが必要な人の自立のみならず看護または介護する者の腰部負担軽減にとって急務である<sup>14) 15)</sup>。井上ら<sup>16)</sup>は、介助用リフトを開発しその効果を検証しているが、リフトの移動時などに機器を使わない場合と同等に介助者の腰部負担を伴うことが示されている。

そこで本研究では、全介助になる例も多い下肢の支持性が低下している人を設定して、患者の自立および看護者または介護者の腰部負担軽減につながる移乗動作をサポートするロボットを試作するとともに、車椅子からの移乗動作のうち立ち上がり動作時の筋電図学的分析を行うこととした。また、移乗サポートロボットの使いやすさおよび安心感、自覚症状についての調査を実施することにより、ロボットを用いての有効な立ち上がり動作の

検証を行うとともに、今回試作したロボットの評価を行うことを目的とする。

## II. 研究方法

### 1. 対象および研究方法

2004年3月、以下の実験および調査を実施した。

#### 1) 被験者および対象の設定

被験者は、本研究の趣旨に同意を得た健康なS大学工学部4回生の男子学生4名と看護短期大学部2回生女子学生4名とした。尚、被験者は両下肢の支持性が低下した人を模擬するため、両下腿部をゴム製チューブ(自転車用)で固定し両下肢に負荷がかからない状態に統一した。また、実験に支障をきたさないために筋肉を締め付けない衣服と動作しやすいシューズを着用した。

被験者の平均身長・体重・座高は、男子4名の平均176.3±4.2(mean±S.D.)cm、67.6±7.3kg、95.6±1.7cmであり、女子4名の平均は159.4±2.9cm、52.2±4.1kg、86.4±2.5cmであった。

#### 2) 移乗動作をサポートするロボットの試作

工学部が中心となり、下肢の支持性が低下した人の移乗動作をサポートするロボットを試作した。図1に示すように、ロボットは2つの関節を持ち両者を動かすことによってサポートされる人の身体をボード上に伏臥させて立ち上がらせる機能をもつ。今後さらに車椅子から洋式トイレまたはポータブルトイレまで移乗することが可能な移乗サポートロボットを作成予定である。

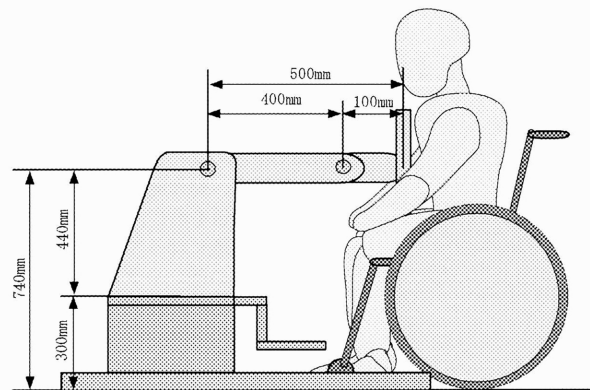
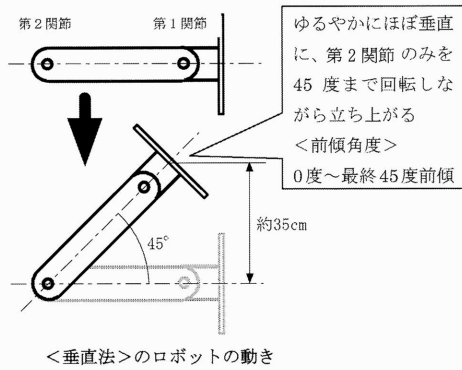


図1. 移乗ロボットの見取り図

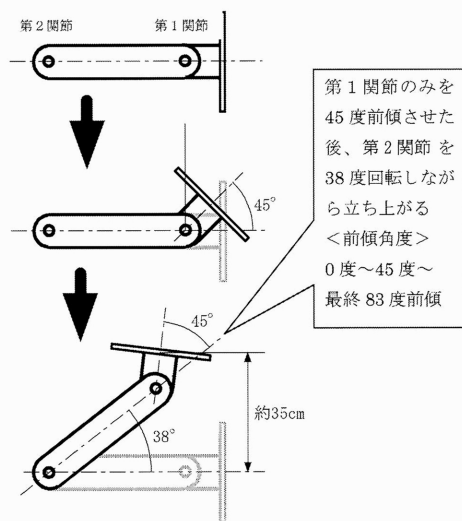
#### 3) 立ち上がり動作実験の方法

本実験では、下肢の支持性が低下した人に対する車椅子移乗動作のうち、試作ロボットを用いての立ち上がり動作に焦点をあて、図2に示す2パターンの比較実験を行った。

まず、ロボットの2つの関節のうちサポートされる人の身体に近い関節を第1関節、身体から遠い関節を第2関節とする。1つ目のパターンは、被験者を床面にほぼ



<垂直法>のロボットの動き



<前傾法>のロボットの動き

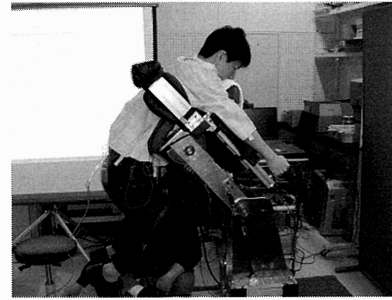
図2. 移乗ロボットの動作パターン

垂直に立ち上がらせながらロボットの第2関節を45度まで回転させ、最終的には身体を45度前傾させて立ち上がらせる方法であり<垂直法>と命名した。2つ目のパターンは、ロボットの第1関節を45度前傾させた後に第2関節を38度回転させて被験者を立ち上がらせ、最終的には身体をロボットのボード上に83度前傾し伏臥させた状態となる方法であり<前傾法>と命名した。

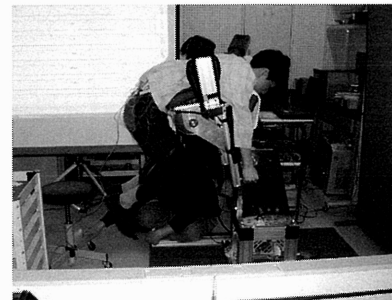
このようなロボットの動きは、看護者が移乗をサポートする際に従来から行われている被験者の重心を看護者に近づけてほぼ起立した状態のまま立ち上げる方法（垂直法に類似）<sup>17) 18)</sup>と、被験者を前傾させたまま回転する方法（前傾法に類似）<sup>19)</sup>を参考にして取り入れた。また、今回の患者設定では下肢の支持性は低下しているが腕は活用できるため、ロボットの第2関節部に設置した支持棒を保持する場合と、支持棒を保持しない場合との比較も実施した。

以上のようなロボットを用いた立ち上がり実験での各

パターンでの最終場面を図3、図4に示した。

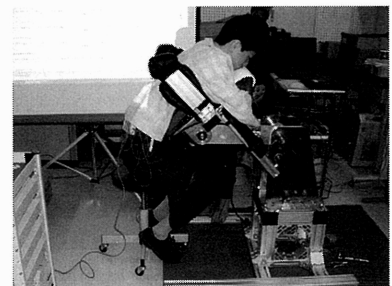


<垂直法>（支持棒保持）での最終場面

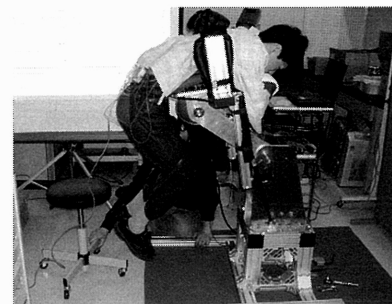


<前傾法>（支持棒保持）での最終場面

図3. ロボットを用いた立ち上がり実験写真(支持棒保持の場合)



<垂直法>（支持棒保持）での最終場面



<前傾法>（支持棒保持）での最終場面

図4. ロボットを用いた立ち上がり実験写真(支持棒保持の場合)

#### 4) 筋電図による分析方法

本実験に先立ち、1名の男子学生を被験者として試作ロボットを用いての立ち上がり動作実験を行い、ロボットを用いての立ち上がり動作に関係のある筋肉を検討した結果、図5に示すように、右側の8つの筋肉（1. 尺側手根屈筋、2. 腕橈骨筋、3. 長橈側手根伸筋、4. 大胸筋、5. 広背筋、6. 大円筋、7. 上腕三頭筋、8. 上腕二頭筋）を被験筋として選択し分析を行うこととした。

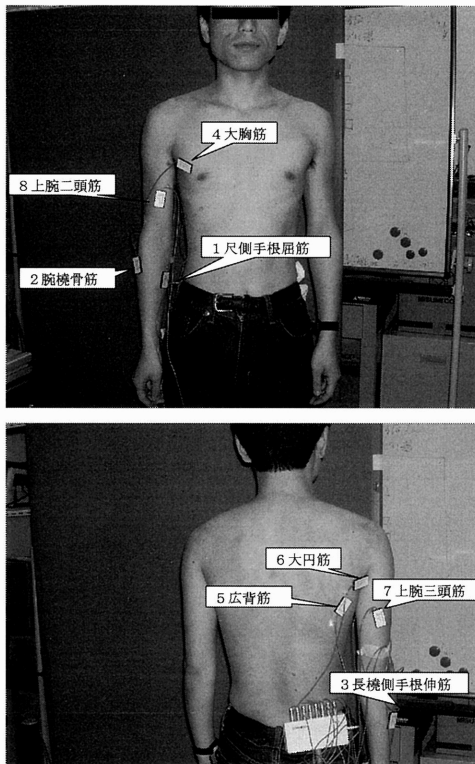


図5. 筋電図電極添付部位

筋電計は、(株) ディケイエイチ製8CH表面筋電図(SX230)を用い、サンプリング周波数を1.0KHzで設定し計測した。また、記録したデータは、動作開始からほぼ終了時間である0秒から13秒間の各被験筋における筋活動電位の筋積分値(mV.s)を、データ解析プログラムIFS-4Gによって解析した。

#### 5) 作業後の主観的反応

被験者には各作業終了直後に、ロボットを用いての立ち上がり動作において、1. 自覚した苦痛(腕部、肩部、胸部、腹部、背部、腰部)、2. ロボットを用いての安心感、使いやすさについてVisual Analog Scale(以下、VAS)形式を用いて記入してもらった。

#### 2. 倫理的配慮

対象は研究の趣旨に同意した者のみとし、研究参加に同意した後でもいつでも辞退可能であること。また、プライバシーの保護についても文書と口頭で伝えた。

### III. 研究結果

#### 1. ロボットを用いての立ち上がり動作時の筋活動

移乗サポートロボットを用いての立ち上がり動作時の各被験筋における筋活動を筋積分値により算出した。今回、被験者として男女学生を選出したが特に性別による差異は認めなかったため、各被験筋毎の平均的な筋活動の傾向をみることにした。

その結果、全体としては図6に示すように、試作ロボットを用いた立ち上がり動作では、尺側手根屈筋や腕橈骨筋、上腕二頭筋などの腕の筋活動において、〈垂直法〉で特に高い傾向にあることが認められた。

立ち上がり時にロボットの第2関節部にある支持棒を保持した場合と支持棒を保持しなかった場合とで比較してみると、図7に示すようにロボットの支持棒を保持し

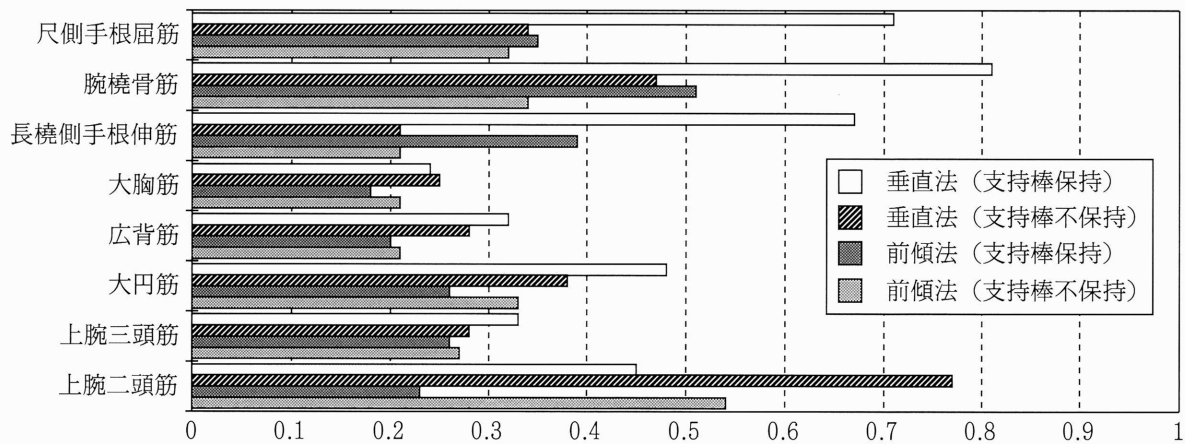


図6. ロボットを用いての立ち上がり動作時の筋積分値(mV.s)



た場合には全被験筋において<垂直法>の方が<前傾法>と比較して筋活動は高いことが認められた。特に、腕橈骨筋では $0.81 \pm 0.07$ (mV.s)、長橈側手根伸筋 $0.67 \pm 0.04$ (mV.s)、尺側手根屈筋 $0.71 \pm 0.19$ (mV.s)と高値を示し有意な差が得られた ( $p < 0.05 \sim 0.01$ )。このことは、図8の筋電図波形をみてもほぼ同様の傾向が示されており、特にロボットの第2関節部分が回転し身体が上昇する開始から5秒前後から筋電図波形振幅も高くなることが認められた。

一方、ロボットの支持棒を保持しなかった場合には、図9に示すように全被験筋ともに<垂直法>の方が筋活動は高い傾向にはあるが<前傾法>との間に有意差は認められなかった。筋積分値では、<垂直法>の上腕二頭筋 $0.77 \pm 0.44$ (mV.s)、腕橈骨筋 $0.47 \pm 0.40$ (mV.s)が比較的高値を示していた。図10に両者の筋電図波形を示したが、同様の傾向が認められた。

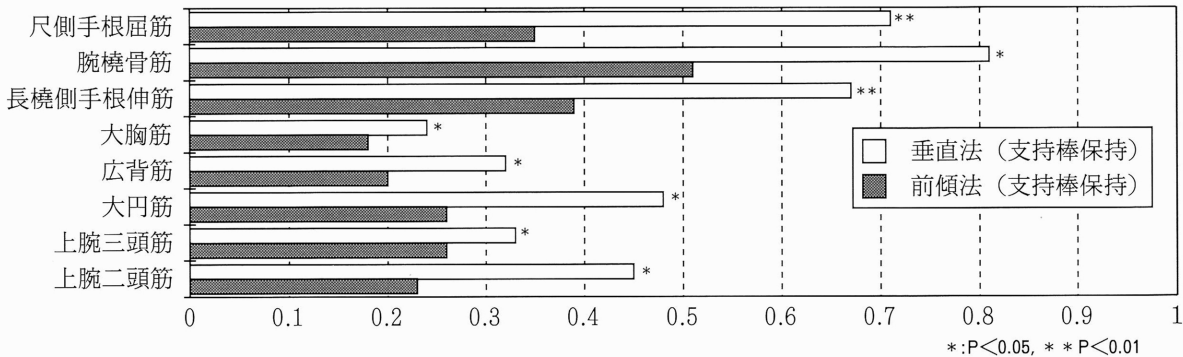


図7. ロボットを用いての立ち上がり動作時の筋積分値(mV.s) <支持棒保持の場合>

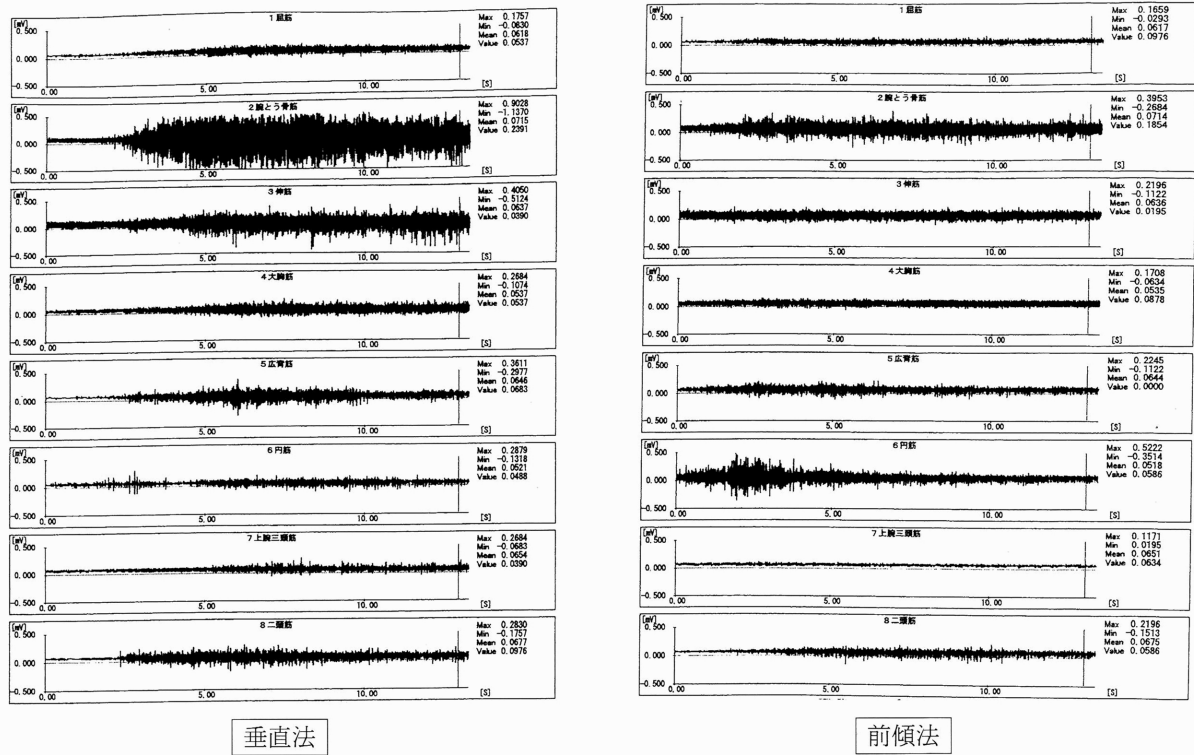


図8. ロボットを用いての立ち上がり時の筋積分値 <支持棒保持の場合>

## 2. 作業後の主観的反応

### 1) 自覚した動作時の苦痛症状 (VAS)

ロボットを用いての立ち上がり動作における各作業終了直後に被験者が自覚した苦痛症状（腕部、肩部、胸部、腹部、背部、腰部）は、図11に示すように全体的には腕部で〈垂直法〉が特に高く、腹部・胸部・腰部では〈前傾法〉の方が高い傾向にあることが認められた。

次に、ロボットの支持棒を保持した場合と保持しなかった場合とで比較してみると、図12に示すようにロボットの支持棒を保持した場合には、上腕部・後腕部・前腕部において有意に〈垂直法〉の方が〈前傾法〉と比較して高いことが認められた ( $p < 0.01$ )。特に、〈垂直法〉の前腕部では  $65.38 \pm 15.67 / 100\text{mm}$  と最も高値であり、

〈前傾法〉の腹部  $56.50 \pm 27.40 / 100\text{mm}$ 、胸部  $51.63 \pm 17.64 / 100\text{mm}$  も高値であった。

なお、支持棒不保持の場合も同様の傾向が得られたが、有意差は特に認められなかった。

### 2) ロボットを用いての安心感、使いやすさ (VAS)

ロボットを用いての立ち上がり動作において安心感が最も高かったのは、図13に示すように、ロボットの支持棒を保持した場合の〈前傾法〉であり  $61.88 \pm 26.25 / 100\text{mm}$  であった。また、最も安心感が低値であった支持棒を保持しなかった場合の〈垂直法〉  $34.25 \pm 37.63 / 100\text{mm}$  との間には有意差が認められた ( $p < 0.05$ )。

同様に、動作時におけるロボットの使いやすさで高値を示したのは、図14に示すように、ロボットの支持棒を

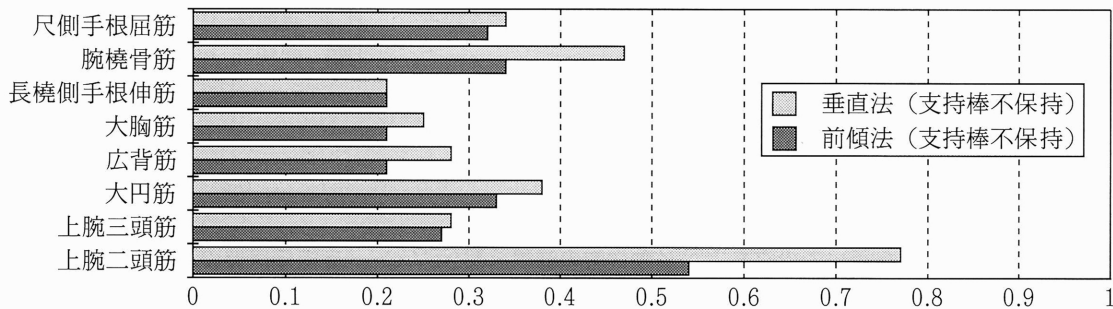


図9. ロボットを用いての立ち上がり動作時の筋積分値 (mV.s) 〈支持棒不保持の場合〉

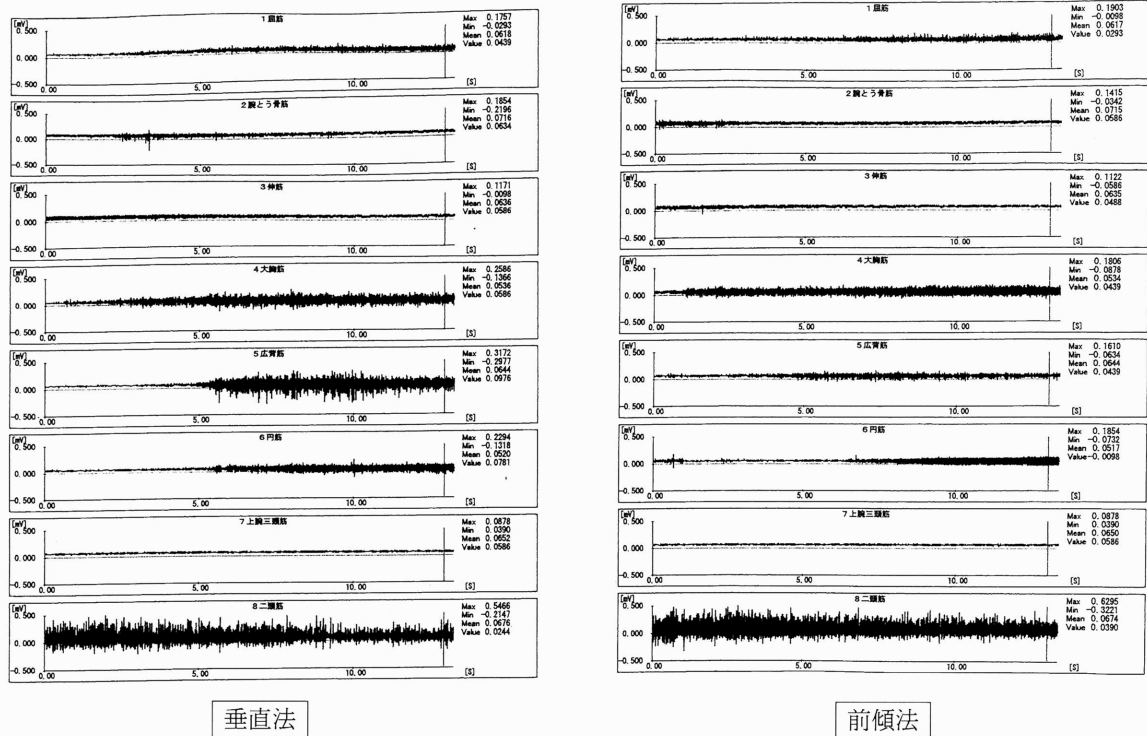


図10. ロボットを用いての立ち上がり動作時の筋積分値 〈支持棒不保持の場合〉

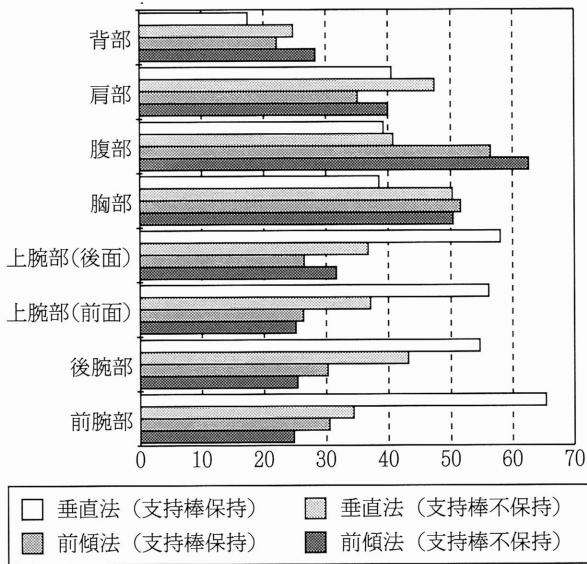


図11. 自覚した動作時の苦痛症状VAS(mm)

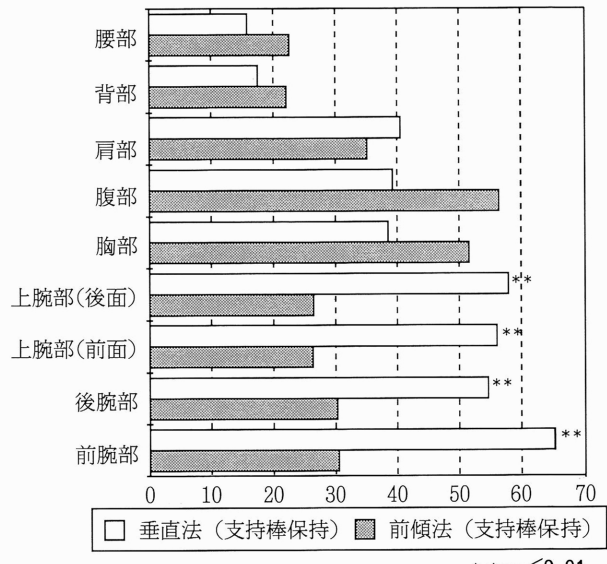


図12. 動作時苦痛症状VAS(mm) - 支持棒保持の場合

\*\* : p < 0.01

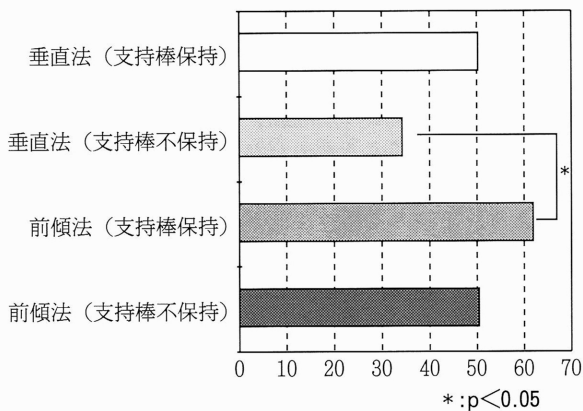


図13. 動作時ロボットを用いての安心感VAS(mm)

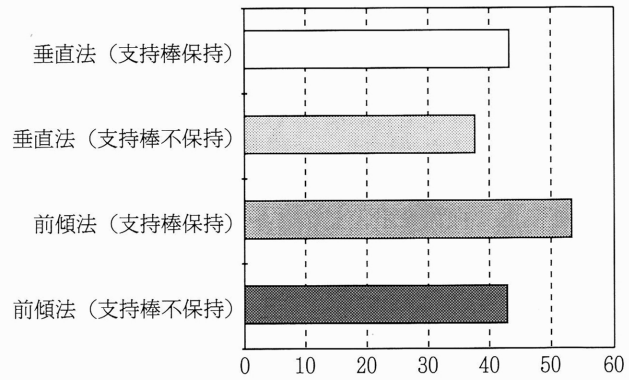


図14. 動作時ロボットを用いての使いやすさVAS(mm)

\* : p < 0.05

保持した場合の〈前傾法〉であり  $53.38 \pm 23.84 / 100\text{mm}$  であった。また、使いやすさにおいて最も低値を示したのは、支持棒を保持しなかった場合の〈垂直法〉であり  $34.25 \pm 19.92 / 100\text{mm}$  であった。

#### IV. 考察

我々は前報<sup>9)</sup>に引き続き、基本的な生活行動の中でも患者の生活行動の範囲をより拡大可能にする「動くこと」即ち「移乗・移動」に焦点を当て研究を行った。移乗動作に看護支援が必要な人々に対してその自立を旨しサポートするとともに、リフトやロボットなどの移乗支援機器を開発し適切な活用法を見出すことは、サポートが必要な人の自立のみならず看護または介護する者の腰

部負担軽減などにとって急務である。本研究では、全介助になる例も多い下肢の支持性が低下している人のケースを想定して、患者の自立および看護者または介護者の腰部負担軽減につながる移乗動作をサポートするロボットを作成した。そして、この移乗サポートロボットを用いて立ち上がり動作実験を実施し筋電図による分析を行うとともに、各動作直後に行った主観的反応の結果をもとに今回の試作ロボットの評価を行い、ロボットを用いての有効な立ち上がり動作についての検証を行う。

まず、支持棒を保持した場合と支持棒を保持しなかった場合とで比較してみると、支持棒を保持した場合には全被験筋において有意に〈垂直法〉の方が〈前傾法〉と比較して筋活動は高いことが認められた。特に、腕橈骨筋、長橈側手根伸筋、尺側手根屈筋で有意水準も高く、

ロボットの第2関節部分が回転し被験者の身体が上昇する開始から5秒前後から筋電図波形振幅も高くなることが認められた。〈垂直法〉では、徐々に身体が上昇し開始5秒前後に身体がロボットによって立ち上げられるために体重を、支持棒を持った腕で支えなければならず、このため、特に前腕部の筋活動が高くなったと考えられる。

一方、ロボットの支持棒を保持しなかった場合には、全被験筋ともに〈垂直法〉の方が筋活動は高い傾向にはあるが〈前傾法〉との間に有意差は認められなかった。支持棒を保持しない場合では、支持棒を腕力で保持して体重を支えるのではなく、肘関節を張って腕全体でロボットを抱え肘関節や骨格を使って体重を支えており、支持棒を保持した場合ほど腕筋を用いないと考えられる。

今回の〈垂直法〉での立ち上がり動作において、支持棒を持って体重を支えた腕の筋肉は、筋収縮が持続した状態であり静的筋活動といえる。静的筋活動は、筋組織内部の緊張によって血管が圧迫され血流も阻害されて、血液の必要量に対して供給量が少ないために糖や酸素の供給が不足し、二酸化酸素や乳酸が蓄積され筋疲労の原因となる。さらに、静的筋活動を伴う作業は局所的な筋疲労のみならず、関節、靭帯、腱の損傷や慢性的な筋骨格系の傷害につながる可能性も大きい<sup>20) 21)</sup>。従って、筋疲労を軽減させるためには、一定部位に圧迫が集中しない体位をとるとともに同一の動作体位となる時間をできるだけ短くして血流を阻害しないように考慮する必要があり、今回の立ち上がり時間に要した13秒間という長さも見直し、今後短縮できるよう改善していく必要性が示唆された。

次に、各作業終了直後に被験者が自覚した苦痛症状では、全体的には腕部で〈垂直法〉が特に高く、腹部・胸部・腰部では〈前傾法〉の方が高い傾向にあることが認められた。これは、筋活動の結果と同様といえ、筋活動が高い部位では被験者が自覚した苦痛症状も高値を示していた。また、ロボットの支持棒を保持した場合と保持しなかった場合との比較においても、ロボットの支持棒を保持した場合には、上腕部・後腕部・前腕部で有意に〈垂直法〉の方が〈前傾法〉と比較して高いことが認められた。特に、〈垂直法〉の前腕部では最も高値であり、〈前傾法〉の腹部、胸部も高値であった。

〈前傾法〉の場合は、被験者の胸部・腹部をロボットのボード上に伏臥させそのまま深く前傾させて立ち上がるため、胸部・腹部に圧力がかかり筋活動も高くなったと思われる。特に、支持棒を保持しない場合の〈前傾法〉の方が筋活動は高い結果となっており、圧力が胸部・腹部のボード密着部分に集中したためと考える。筋肉の過度の緊張は循環不良を起し苦痛を伴う<sup>20)</sup>といわれているが、筋活動が特に高い動作と部位で苦痛症状も高値

を示したことから、動作時の筋疲労とともに苦痛症状を軽減するためにも最善の動作方法を見出すことが重要である。

また、ロボットを用いての立ち上がり動作において安心感が最も高かったのは、ロボットの支持棒を保持した場合の〈前傾法〉であり、最も安心感が低値であった支持棒を保持しない場合の〈垂直法〉との間には有意差が認められた。同様に、動作時におけるロボットの使いやすさで高値を示したのは、ロボットの支持棒を保持した場合の〈前傾法〉であった。また、使いやすさにおいて最も低値を示したのは、支持棒を保持しなかった場合の〈垂直法〉であった。このことから、ロボットの支持棒を保持した場合の〈前傾法〉では、ロボットのボード部に胸部・腹部に負荷がかかるものの、腕で支持棒を保持しているため圧力が分散され筋活動、苦痛症状ともに、支持棒で保持しない場合と比較して軽減されており、支持棒を保持し身体をボードで支えられているために安心感も高くなったのではないかと考える。しかし、胸部・腹部にかかる苦痛症状を軽減させる工夫が必要であり、身体に密着するロボット部への改善を加えれば移乗ロボットとして有効に活用できることが示唆された。一方、支持棒を保持しない場合の〈垂直法〉は、支持棒を保持した場合の〈垂直法〉より筋活動、苦痛症状とも若干低いものの、身体を支持するものがない不安定さが安心感、使いやすさ低値となった要因と考えられた。

以上より、下肢の支持性が低下した人に対するロボットを活用しての立ち上がり動作では、垂直に立ち上がる方法は被験者の腕部に筋疲労および苦痛を大きく伴い活用は困難と考える。一方、身体を前傾にしながら立ち上がる方法では筋疲労、苦痛症状は比較的lowく、胸部や腹部など身体に密着する側に改善を加えれば有効に活用できる可能性はあると考えられた。

また、腰痛を起こした看護作業の調査結果<sup>22)</sup>において、「体位変換」に次いで「車椅子移乗」が53.5%と高い率を示しており、この移乗ロボットを有効に活用できれば、看護および介護現場で移乗をサポートする看護者、介護者のみならず、在宅で介護を行う家族の腰部負担を軽減または解消できるものと期待する。今後、移乗ロボットの実用に向けて、さらに改善を加え検証をすすめる予定である。

## V. 結語

下肢の支持性が低下した人に対する移乗動作においては、患者の自立・安全・安楽を十分に考慮することが重要である。本研究結果から、試作した移乗サポートロボット（支持棒あり）を用いて、患者の身体をロボットのボード部で支えながら45度前傾させた後にさらに38度回転さ

せて立ち上がらせるパターン、いわゆる<前傾法(支持棒あり)>が下肢の支持性が低下した人への立ち上がり動作のサポートに対して有効であることが認められたが、身体密着部に改善の必要があることが示唆された。

今回の結果をもとに、より安全で安楽な移乗サポートロボットに修正していくとともに、次回は看護者が行う移乗動作の客観的評価も行い、ロボットと看護者との比較実験も実施していく予定である。

## 謝 辞

本研究の実施にあたりご協力いただきました皆様、および実験機器を使用にあたりご協力をいただいた(株)ディケイエイチ社様に深謝致します。

本研究は、平成15・16年度滋賀県立大学特別研究費(豊田久美子代表)により実施した。

## 文 献

- 1) 甲田茂樹, 久繁哲徳, 小河孝則, 他: 看護婦の腰痛症発症にかかわる職業性要因の疫学的研究, 産業医学, 33: 410-422, 1991.
- 2) 金田和容, 白井康正, 武内俊次, 他: 看護職員の腰痛調査, 日本腰痛会誌, 2(1): 17-21, 1996.
- 3) Philip Harber, Elizabeth Billet, Mary Cutowski, et al., : Occupational Low-Back Pain In Hospital Nurses, Journal of Occupational Medicine, 27(7): 518-524, 1985.
- 4) D.A.Stubbs, P.W.Buckle, M.P.Hudson, P.M Rivers, et al., : Back pain in the nursing Profession, ERGONOMICS, 26(8): 755-765, 1983.
- 5) Ying Xu, Elsa Bach, Elsa Orhede: Work environment and low back pain: the influence of occupational activities, Occupational and Environmental Medicine, 54: 741-745, 1997.
- 6) 伊丹君和, 藤田きみゑ, 寄本 明, 古株ひろみ, 横井和美, 松井美紀子, 藤迫奈々重, 居原田玲香: 看護作業姿勢からみた腰部負担の少ないベッドの高さに関する研究, 滋賀県立大学看護短期大学部学術雑誌, 4: 21-27, 2000.
- 7) 伊丹君和, 藤田きみゑ, 寄本明, 古株ひろみ, 横井和美, 藤迫奈々重, 田中智恵, 久留島美紀子, 北村隆子, 森下妙子: 看護作業姿勢からみた腰部負担の少ないベッドの高さに関する研究(第2報) - 作業時における教員・学生間のボディメカニクス活用の比較分析 -, 滋賀県立大学看護短期大学部学術雑誌, 5: 39-44, 2001.

- 8) 湯 海鵬, 豊島進太郎, 星川保, 川端昭夫: 車椅子の移乗介護動作に関する運動学的分析研究, バイオメカニズム学会誌, 27(1): 37-41, 2003.
- 9) 伊丹君和, 藤田きみゑ, 横井和美, 久留島美紀子, 森下妙子, 豊田久美子, 寄本 明, 下野俊哉: 片麻痺模擬患者への車椅子移乗援助に関する研究 - 患者の安全・安楽・自立および看護者の腰痛予防を考慮して -, 人間看護学研究, 1: 19-28, 2004.
- 10) 石崎庄治, 小川鑽一, 塚越貴弘, 大久保祐子, ベッドの高さと看護者の腰部負担について, 第19回バイオメカニクス学術講演会講演予稿集, 105-108, 1998.
- 11) 水戸優子: 車椅子移乗時の介助者の足位置の違いによる動作の分析, 看護人間工学研究, 2, 2000.
- 12) 守安貴彦, 他: 抱き起こし動作に関する研究, 人間工学, 30(特別号): 150-151, 1994.
- 13) 小野寺直樹, 荒井博之, 他: 抱き起こしに関する研究, 人間工学, 32(特別号): 124-125, 1996.
- 14) 井上真帆, 山下久仁子, 岡田 明: 高齢者の住宅内における移乗動作に関する基礎的研究, 日本人間工学関西支部大会講演論文集, 123-124, 1998.
- 15) 山崎信寿, 山本真路, 井上剛伸: 移乗介助動作の計測と腰部負担の軽減手法, 第17回バイオメカニクス学術講演会講演予稿集, 107-118, 2001.
- 16) 井上剛伸, Geoff Fernie and P.L.Santaguida: 介助力リフト使用時の腰部負担, バイオメカニクス 15: 243-254, 2000.
- 17) 坪井良子, 松田たみ子: 体位と移動, 考える基礎看護技術II, 279-282, 2002.
- 18) 結城瑛子, 水戸優子, 野月千春, 山本 基, 山田紀代美: 体位と移動の援助技術について(2) 体位変換・移動, Nursing, 16(1): 62-65, 2001.
- 19) 山本康稔, 加藤宗規, 中村恵子: 腰痛を防ぐらくらく動作介助マニュアル, 医学書院.
- 20) 坪井良子, 松田たみ子: ボディメカニクスと人間工学, 考える基礎看護技術I, 144-160, 2004.
- 21) Rene Caillet: Low Back Pain Syndrome, 1995. 荻島秀男訳: 腰痛症, 医歯薬出版, 1998.
- 22) 久留島美紀子, 伊丹君和, 藤田きみゑ, 森下妙子, 他: 看護・介護作業時のボディメカニクス活用状況に関する一考察, 滋賀県立大学看護短期大学部学術雑誌, 7: 90-96, 2003.
- 23) 酒井一博: 姿勢負担とその改善, 労働の科学, 45(9): 4-8, 1990.
- 24) 宮腰由紀子, 榎本麻里, 佐野房恵, 渡辺誠介: 看護動作の筋電図学的分析(その1), 日本看護研究学会雑誌, 9(4): 5-19, 1987.
- 25) Harold Portnoy, et al.: Electromyographic Study of Postural Muscles in Various Positions and

- Movements, 122-126, 1990.
- 26) 森 健躬：腰診療マニュアル，医歯薬出版，1996.
- 29) 原田孝，武者芳朗：腰痛教室，新興医学出版社，1998.
- 27) 大秦静恵，佐々山香，他：ベッド上足浴時における看護者の腰部の負担度—前傾姿勢の角度と筋活動量の関係から—，クリニカルスタディ，18(4)：32-37，1997.
- 28) 伊丹君和，藤田きみゑ，古株ひろみ，矢口潤哉，北村隆子，横井和美，田中智恵，藤迫奈々重，甘佐京子，柴辻里香，森下妙子，寄本明，金田嘉清：看護作業時のひねりが看護者の腰部に及ぼす影響についての検討—Noraxon社製Myo System 1200 sEMGを用いての筋電図学的分析—，滋賀県立大学看護短期大学部学術雑誌，5：33-38，2001.
- 29) 伊丹君和，藤田きみゑ，矢口潤哉，森下妙子，下野俊哉：看護作業時のひねりが看護者の腰部に及ぼす影響についての検討（第2報）—ベッドメーカー作業時の筋電図学的分析—，滋賀県立大学看護短期大学部学術雑誌，6：37-42，2002.
- 30) 労働省労働衛生課：職場における腰痛予防対策マニュアル，中央労働災害防止協会，1996.



## (Summary)

# Analysis of Activity during a Robot-Assisted Standing Transfer in Individuals with Reduced Lower Limb Strength

Kimiwa Itami<sup>1)</sup>, Toshihiko Yasuda<sup>2)</sup>, Kumiko Toyoda<sup>1)</sup>,  
 Hidemi Ishida<sup>1)</sup>, Mikiko Kurushima<sup>1)</sup>, Kimie Fujita<sup>1)</sup>,  
 Katsuyuki Tanaka<sup>2)</sup>, Katsumi Moriwaki<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>School of Human Nursing, The University of Shiga Prefecture

<sup>2)</sup>School of Engineering, The University of Shiga Prefecture

**Background** The graying of the Japanese society and the increase in the number of people seeking assistance to carry out some of the basic everyday activities have resulted in an increased incidence of low back pain among nurses and caregivers. Assisting individuals particularly in transferring into and out of a wheelchair puts a lot of strain on the low back. This is true not only for nurses but also for those individuals caring for a family member with support needs. In order to prevent low back pain among nurses and caregivers, it is imperative that a range of transfer aids (such as, lifts and robots) be developed and utilized. At the same time, individuals with support needs should be provided with the means to achieve independence in daily living activities.

**Objective** This study was conducted to analyze electromyographic (EMG) activity during a robot-assisted standing transfer in individuals with reduced lower limb strength. A standing transfer consists of moving from a seated to a standing position. An experimental robot, which was designed to assist people in standing transfers, was used. Subjects were surveyed regarding the usability of the robot and the subjective response associated with a robot-aided standing transfer. Based on the results obtained from the experiment and the survey, practicability of the robot as a transfer aid was evaluated in terms of user safety and comfort.

## Method

1. Subjects and Methods: The following experiment and survey were conducted in March, 2004. Subjects were four male university students and four female university students who had been trained to simulate individuals with reduced lower limb strength. In the experiment, the robot was first placed very close to the subjects, who were asked to lean on the robot to get up to a standing position while barely bending their upper body forward as they were being raised (A method). Secondly, the robots were placed slightly further from the subjects, thus enabling the subjects to bend their upper body forward as they were raised to a standing position (B method). A surface electromyograph called SX230 (8ch type) was used to calculate the integral of the electromyogram signals (EMG integral) for each tested muscle.

Following the experiment, subjects were surveyed regarding the usability/reliability of the robot and the subjective response associated with robot-assisted standing transfer.

2. Ethical Consideration: All subjects were fully informed of the purpose of the study before consenting to participate in the study, and were fully aware that they could withdraw from the study at any time. They were also fully informed both orally and in writing about their right to privacy.

**Results** The results of the present study can be summarized as follows: The EMG integral for

each tested muscle was calculated for the first 13 seconds of a standing transfer. The EMG integrals for the biceps, forearms, and dorsum were markedly large when the A method was used to raise the subjects to a standing position. Furthermore, the A method caused greater muscle fatigue compared to the B method.

According to the survey regarding the pain associated with a robot-assisted standing transfer, patients reported considerable pain in the forearms when the A method was used, which led to a decreased usability and reliability of the robot. On the other hand, although usability and reliability of the robot were relatively high when the B method was

followed, the subjects reported some pain in the chest and the abdomen.

**Conclusions** To sum up, the A method is not suitable for individuals with reduced lower limb strength because it causes great pain and strain in the arms. In contrast, muscle fatigue induced by the B method was relatively mild, and with a few modifications to the part of the robot which comes into contact with the user's chest and abdomen, the robot may have a potential to become a useful tool for assisting individuals in a standing transfer.

**Key Words** Wheelchair transfer support, standing transfer, surface electromyograph