

## 階段昇行時におけるストックが生理応答に与える影響について

赤星照護\*<sup>1</sup> 久米大祐\*<sup>2</sup> 脇本敏裕\*<sup>3</sup> 松枝秀二\*<sup>4</sup>  
長尾光城\*<sup>3</sup> 長尾憲樹\*<sup>3</sup>

### 要約

ストックを用いたウォーキングは近年注目されており、先行研究では、通常歩行に比べ酸素摂取量・心拍数などの数値が高値を示すとされているが、階段環境における12分におよぶストック使用時の呼気代謝などの報告はない。そこで本研究は、階段環境においてストックを使用した際の生理応答に着目し、検討を行った。

対象は、若年男性7名。測定方法は、自動階段昇行機を使用し、60step/min から、3分おきに20step/min ずつ加速させる12分間の運動を体重の30%重量を背負い行った。

結果から、酸素摂取量において、ストック条件（SW）が、通常歩行（W）に比べ高値傾向を示した。しかし、心拍数においては、運動全般においてSWが低値傾向を示し、120step/min において有意に低値を示した。また、主観的運動強度に関して、SWがWに比べ低値傾向を示す結果となった。

結論として、階段昇行時にストックを使用することで心拍数が減少し、主観的に楽に昇れる可能性が示唆された。

### 1. 緒言

最近、「健康やエコロジーのために階段を活用してください」という言葉をよく目にする。また、運動処方においても日常の活動量を増加させる目的から、出来るだけ階段を活用することが推奨され、その他にも、雨天時の体力強化トレーニングとしても用いられることがある。しかし、階段歩行はランニングに近い運動強度とされ中高年者にとっては運動強度が高く、日常で多くの災害が発生する場所とされている<sup>1)</sup>。先行研究においても、階段歩行における運動強度の低強度化を目的とした研究<sup>2)</sup>がなされている。

他方、ストックを用いた運動も近年注目されつつある。これは、ウォーキング時にストックを1本ずつ両手に持ち地面を左右のストックで突きながら歩くという運動で、エクササイズとして取り入れられているものである。このストックを用いたウォーキングには、歩行時にストックを身体の後方に突くノ

ルディック・ウォーキングと、歩行時にストックを身体前方に突くポール・ウォーキングに分類される。先行研究としてノルディック・ウォーキングは、通常歩行に比べ酸素摂取量が高値を示し<sup>3,4)</sup>、心拍数においても高値を示すとされており<sup>5)</sup>、呼気代謝などの報告は多くされているが、それらは階段環境ではなくスロープや平地歩行における報告であり、12分間におよぶ階段環境におけるストック使用時の呼気代謝などの生理応答に関する報告はない。

そこで本研究は、階段昇行時にストックを使用した際、呼気ガスおよび心拍数、血中乳酸濃度、主観的運動強度にどのような影響を与えるかを検討した。

### 2. 方法

被験者は、23.6±2.5歳の男性7名であり、全員に体育会における部活動による運動習慣があった。被験者にはそれぞれ、普通歩による階段昇行、ストッ

\*1 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康科学専攻 \*2 沖縄工業高等専門学校 総合科学科

\*3 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科 \*4 川崎医療福祉大学 医療技術学部 臨床栄養学科

(連絡先) 赤星照護 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

E-Mail: tipo\_scuderia@yahoo.co.jp

クを使用した際の階段昇行の順序で自動階段昇行機を使用し行った。安静は5分とし、運動は、速度60step/min から始め、3分おきに20step/min ずつ漸増し、120step/min までの12分間とした。自動階段昇行機の階段環境は、横幅120cm、高さ16cm、奥行き27cm となっている。尚、運動時に身体負荷を増加させる目的として体重の30%の重量を背負うこととした。

安静開始から運動終了まで呼気ガス・心拍数を計測し、血中乳酸濃度は運動終了直後に測定した。主観的運動強度は、各速度終了15秒前に測定を行った。使用機器は、呼気ガス分析においては、呼気ガス測定では質量分析計 (WSMR-1400A, ウェストロン社製, Japan) を使用し、呼気ガスがミキシングチャンバーを通過した際の電圧から酸素濃度・二酸化炭素濃度・気体流量を PC に取り込み計測した (Lab Chart Ver7.3.5, ADInstruments 社製, Japan)。また心拍数は、RS800CX (POLAR 社製, Finland)、血中乳酸濃度は、Lactate Pro II (アークレイ社製, Japan) で測定を行った。使用した自動階段昇行機は SRU-1G (Solid Focus 社製, Taiwan) である。

実験期間は、平成25年1月15日から平成25年6月20日までである。

表示されている数値はすべて、平均値±標準偏差であり、危険率5%をもって有意差と判定した。統計処理は、SPSS (ver17.0, SPSS 社製) を使用し、種々の速度における2群間 (普通歩行条件・ストック歩行条件) の差の検定は、二元配置分散分析を行い、ポストホックとして Tukey 法による検定を行った。また2群間の平均の差の検定には対応のある t 検定を行った。

尚、本研究は、川崎医療福祉大学倫理委員会の承認 (364号) を得て行っている。

### 3. 結果

酸素摂取量の経時的変化は図1に示すように普通歩条件は60step/min で $18.9 \pm 3.5$ ml/kg/min、80step/min で $28.7 \pm 1.8$ ml/kg/min、100step/min で $34.6 \pm 2.7$ ml/kg/min、120step/min で $40.3 \pm 2.7$ ml/kg/min となり、ストック条件は、60step/min で $22.3 \pm 0.9$ ml/kg/min、80step/min で $30.6 \pm 1.2$ ml/kg/min、100step/min で $36.6 \pm 1.3$ ml/kg/min、

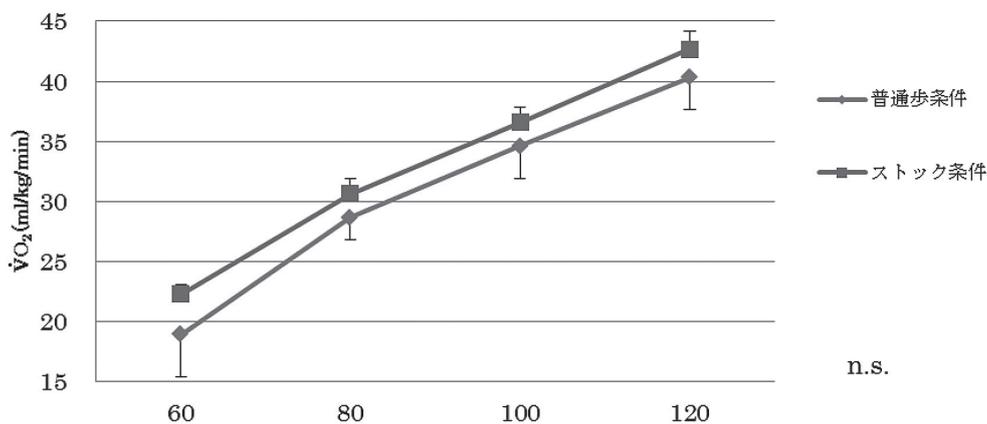


図1. 各条件下における酸素摂取量の経時的変化

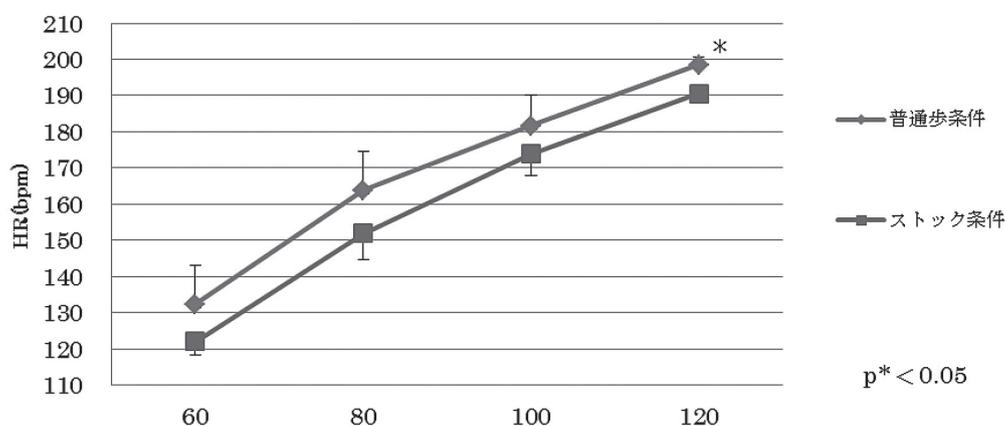


図2. 各条件下における心拍数の経時的変化

120step/min で $42.7 \pm 1.5 \text{ ml/kg/min}$  となり運動開始から終了までストック条件が普通歩条件より高値傾向を示した。

図2で示す、心拍数は、普通歩条件の60step/min が $132.4 \pm 10.8 \text{ bpm}$ , 80step/min で $163.8 \pm 10.9 \text{ bpm}$ , 100step/min で $181.7 \pm 8.6 \text{ bpm}$ , 120step/min で $198.5 \pm 2.0 \text{ bpm}$  となり、ストック条件は、60step/min で $121.9 \pm 3.8 \text{ bpm}$ , 80step/min で $151.9 \pm 7.2 \text{ bpm}$ , 100step/min で $173.8 \pm 6.0 \text{ bpm}$ , 120step/min で $190.6 \pm 2.6 \text{ bpm}$  となり心拍数ではストック条件が普通歩条件に比べ運動開始から終了まで低値傾向を示し、120step/min において有意に低値を示した。

換気量を示す図3の数値は、普通歩条件が60step/min で $35.4 \pm 6.8 \text{ L/min}$ , 80step/min で $56.9 \pm 8.1 \text{ L/min}$ , 100step/min で $83.7 \pm 17.4 \text{ L/min}$ , 120step/min で $110.3 \pm 5.7 \text{ L/min}$  となり、ストック条件は、60step/min で $37.0 \pm 5.0 \text{ L/min}$ , 80step/min で $56.1 \pm 6.7 \text{ L/min}$ , 100step/min で $79.8 \pm 14.6 \text{ L/min}$ , 120step/min で $105.2 \pm 3.0 \text{ L/min}$  となり100step/min から運動終了にかけてストック条件が通常歩条件に

比べ若干の低値傾向を示した。

図4に示す呼吸交換比の経時的な変化は、普通歩条件が60step/min で $0.85 \pm 0.07$ , 80step/min で $0.98 \pm 0.03$ , 100step/min で $1.10 \pm 0.05$ , 120step/min で $1.18 \pm 0.05$  となり、ストック条件は、60step/min で $0.84 \pm 0.05$ , 80step/min で $0.98 \pm 0.05$ , 100step/min で $1.09 \pm 0.07$ , 120step/min で $1.14 \pm 0.04$  となり、100step/min から運動終了にかけてストック条件が普通歩条件に比べ上昇が鈍化する傾向が示唆された。

図5に示すRPEは、普通歩条件が60step/min で $11.4 \pm 1.5$ , 80step/min で $14 \pm 1.3$ , 100step/min で $16.1 \pm 1.4$ , 120step/min で $18 \pm 0.6$  となり、ストック条件は、60step/min で $11 \pm 1.6$ , 80step/min で $13 \pm 1.5$ , 100step/min で $15.5 \pm 1.5$ , 120step/min で $16.7 \pm 0.5$  となり運動開始から終了までストック条件が普通歩条件に比べて低値傾向を示し120step/min において有意に低値を示した。

図6の運動直後の血中乳酸濃度は、普通歩条件が $8.2 \pm 1.9 \text{ mmol/L}$ , ストック条件が $8.4 \pm 1.5 \text{ mmol/L}$  となり同等の値であった。

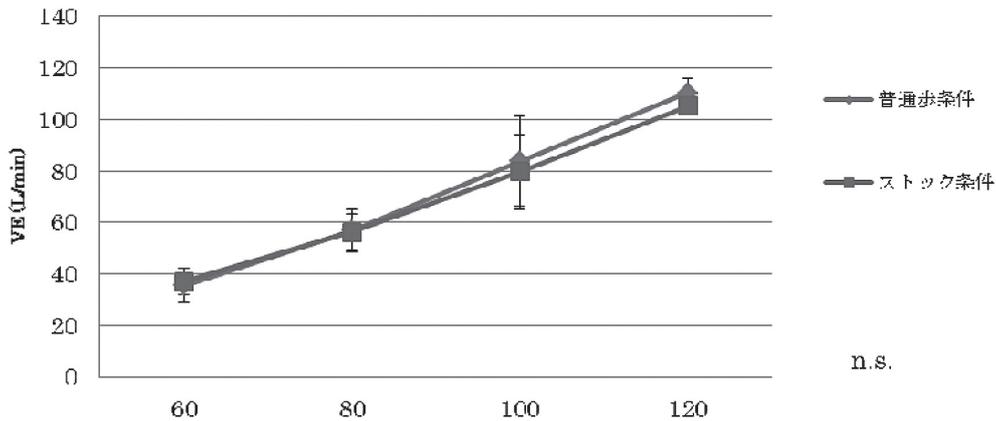


図3. 各条件下における換気量の経時的変化

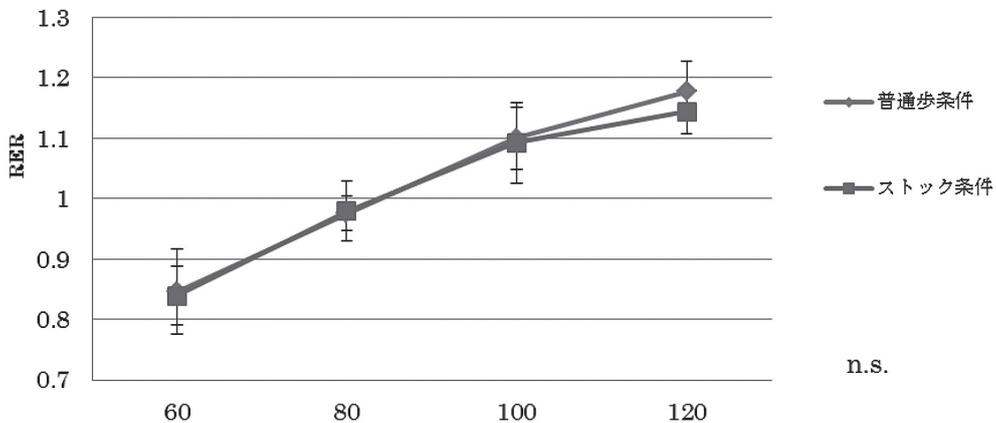


図4. 各条件下における呼吸交換比の経時的変化

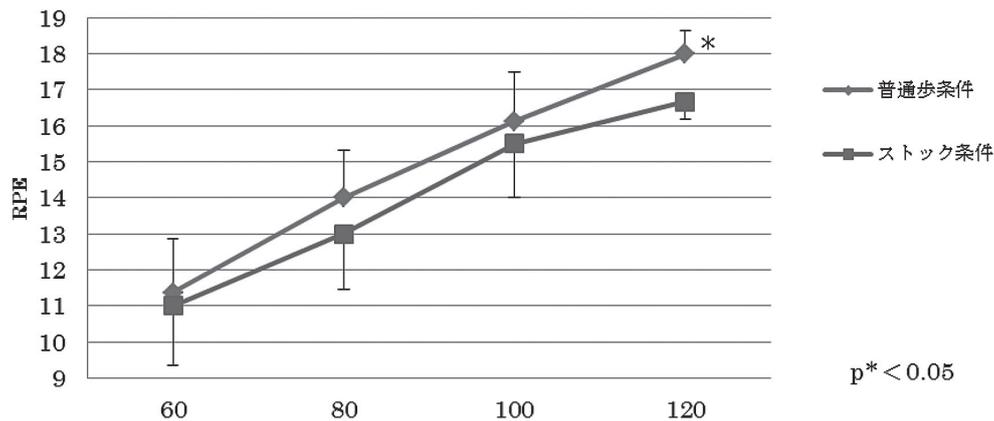


図5. 各条件下における主観的運動強度の経時的変化

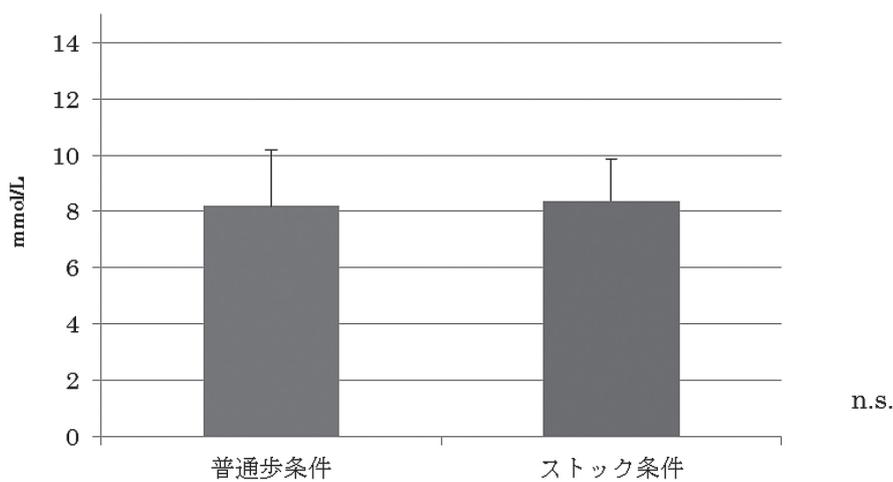


図6. 各条件下における運動終了直後の血中乳酸濃度

#### 4. 考察

図1における酸素摂取量は、ストック条件が普通歩条件に比べ高値傾向を運動開始から終了まで示した。これは、Schiffer et al.の研究<sup>3)</sup>で示されているようにストックを突く際に腕部を使用し、推進力を得ることにより酸素摂取が増大したと考えられる。Rodgers et al.の研究<sup>4)</sup>でも同様のストック使用による酸素摂取量増加を報告しており、有意差は無かったものの階段においても同様の傾向が示唆された。

しかし、図2に示されている心拍数の経時的変化はこれまで報告されてきたKnight and Caldwellの研究<sup>5)</sup>のようなストックを使用することで心拍数も通常歩行と比べ高値を示すというものとは相違した結果となり、運動開始から終了までストック条件が普通歩条件と比べ有意差はないが低値傾向を示し、120step/minでは有意に低値を示した。しかし、Knight and Caldwellの研究<sup>5)</sup>では60分間の運動を体重の30%重量を背負わせ、速度は3.7km/h一定、

傾斜は8.8%であり、スロープ条件ということ認識しておかなければならない。また、階段昇り歩行における股関節のせん断力（水平方向に係る力）、圧縮力（垂直方向に係る力）及び足関節のせん断力においてストックを使用することで通常歩行に比べ軽減効果があったという小泉らの研究<sup>6)</sup>から、本研究においても同様の作用があったのではないかと考える。この小泉らの研究<sup>6)</sup>は、5段からなる階段環境（踏み面400mm、幅1300mm、高さ200mm）を作り、カメラ撮影およびフォースプレートから解析を行っている。下肢関節の負荷を評価する際、関節を圧迫する力として临床上重要な意味を持つとされる関節間力に着目しており、股関節および足関節におけるストックの負荷軽減効果を報告している。本研究の階段昇行において、運動強度の上昇とともに脚部の負荷が軽減され、通常歩行に比べストックを使用することで大腿部における負担が低くなり心拍数の減少に繋がったのではないかと考えられる。また、負荷の増大によりその傾向は顕著に見られるよ

うになることが考えられる。

呼吸交換比においては図3で示す通り運動中盤から後半部分である100~120step/minにおいてストック条件が普通歩条件に比べ有意差は無かったが低値傾向を示したことから、階段昇行の運動強度が高強度になると糖質の消費をストック条件は普通歩条件と比較して鈍化させる可能性が示唆された。

図5に示す主観的運動強度の経時変化は、運動開始から終了にかけてストック条件が普通歩条件に比べ有意差はないが低値傾向を示し、120step/minで有意に低値を示した。これは、主観的にストックを使用した方が楽に階段昇行が行えることを示唆し、図2における心拍数でのストック条件と普通歩条件の経時変化に似ている。本研究で使用したBorgの主観的運動強度<sup>7)</sup>の評価は、心拍数との相関を見ながら検討及び構築されているため、主観的運動強度が酸素摂取量などの呼気ガスに依存するのではなく、心拍数に依存して動いたと考えられる。

### 5. まとめ

階段環境においてストック条件の酸素摂取量が運動全般において有意差はないが高値傾向を示し、心拍数、主観的運動強度は運動全般で低値傾向を示し、120step/minにおいて有意に低値を示した。また、それらの結果は速度が高速になり、表1に示す120step/min時の $\dot{V}O_{2peak}$ 値から求めた運動強度が約86~100% $\dot{V}O_{2peak}$ 、表2に示す120step/min時のHRpeak値から求めた運動強度が約90~100%HRpeakという高強度において顕著に表れ、有意な差となっている。

これらの結果から、これまで報告されていなかったストックの使用による心拍数の軽減効果に関して、階段環境において、ストック使用による心拍数の軽減効果はあると考えられる。本実験では心拍数において、60step/minで-8%の減少、80step/minで-7%の減少、100step/minで-4%の減少、

表1. 各速度における% $\dot{V}O_{2peak}$

step/min	普通歩条件	ストック条件
60	47±9	52±2
80	71±5	72±3
100	86±7	86±3

表2. 各速度における%HR<sub>peak</sub>

step/min	普通歩条件	ストック条件
60	67±5	64±2
80	83±5	80±4
100	92±4	91±3

120step/minで-4%の減少率となっている。このようなことからストックは主に心拍数に軽減効果を表し、それに連動する形で主観的運動強度においても同様の効果を示したと考える。しかしながら呼気ガスにおけるパラメータでは逆の傾向となっている。

どのように階段を昇ることが負荷軽減や、疲労感軽減に繋がるのかといった場合、本実験の同速における心拍数および主観的運動強度の結果から、心拍数を抑え、楽に昇っていると思わせるストックの使用は、階段昇行において有効であると考えられる。

## 参 考 文 献

- 1) 直井英雄：日常災害の実態と日常安全性の評価. 建築技術, **337**, 175–189, 1978.
- 2) 長谷川輝美, 山崎裕司, 武者春樹：心負担を低く抑えた階段昇降方法に関する研究. 体力科学, **49**(6), 911, 2000.
- 3) Schiffer T, Knicker A, Montanarella U, and Struder HK: Mechanical and physiological effects of varying pole weights during Nordic walking compared to walking. *European Journal of Applied Physiology*, **111**, 1121–1126, 2011.
- 4) Rodgers CD, Vanheest JL, and Schachter CL: Energy expenditure during submaximal walking with Exerstriders. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, **27**, 607–611, 1995.
- 5) Knight CA and Caldwell GE: Muscular and metabolic costs of uphill backpacking are hiking poles beneficial. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, **32**, 2093–2101, 2000.
- 6) 小泉孝之, 辻内伸好, 竹田正樹, 藤倉僚平：階段昇降時におけるノルディックウォーキングの下肢関節負荷特性評価. *Dynamics & Design Conference 2010*, 1–5, 2010.
- 7) Borg G: Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, **2**(2), 92–98, 1970.

(平成25年11月5日受理)

## The Effects of Using Hiking Poles while Ascending Stair on the Physical Response

Shogo AKAHOSHI, Daisuke KUME, Toshihiro WAKIMOTO,  
Shuji MASTUEDA, Mistushiro NAGAO and Noriki NAGAO

(Accepted Nov. 5, 2013)

Key words : Exhalation, Stair climbing, Stock walking

### Abstract

The purpose of this study was to compare physiological responses with (A) using and (B) without using hiking poles during stair climbing. Seven healthy male subjects completed two randomly ordered stair treadmill trials. At 120 step/min of a walking speed, mean  $\dot{V}O_2$  (A=42.7 ± 1.5ml/kg/min, B=40.3 ± 2.7ml/kg/min) was not significantly different. Mean HR (A=190.6 ± 2.6bpm, B=198.5 ± 2.0bpm) and RPE (A=16.7 ± 0.5, B=18 ± 0.6) were significantly lower ( $p < 0.05$ ) when using hiking poles. These results suggested that stress on the heart was possibly reduced by using hiking poles during stair climbing.

Correspondence to : Shogo AKAHOSHI

Doctoral Program in Health Science  
Graduate School of Health Science and Technology  
Kawasaki University of Medical Welfare  
Kurashiki, 701-0193, Japan  
E-mail : [tipo\\_scuderia@yahoo.co.jp](mailto:tipo_scuderia@yahoo.co.jp)

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.23, No.2, 2014 269 – 275)