

The Study of Muscle Fatigue and Risks of Musculoskeletal System Disorders from Text Inputting on a Smartphone

Kyung Ko¹, Hee-Soo Kim², Ji-Hea Woo³

¹Department of Physical Therapy, Gangnam-Gu Health Center, Seoul, 135-884

²Department of Occupational Therapy, Hallym Medical Center, Seoul, 134-814

³Department of Physical Therapy, Hallym College, Chuncheon, 200-711

ABSTRACT

Objective: This study aims to analyze and evaluate fatigue in upper trapezius muscles of adults when inputting text on a smart phone, thereby examining the risk of cumulative trauma disorders in the musculoskeletal system of the upper extremity. **Method:** Forty-five healthy adults were divided equally into three groups: a smartphone group, a notebook group, and a desktop group. A surface electromyogram was placed on the upper trapezius muscle of each participant, after which they inputted text for ten minutes within an ergonomic setting; their side posture was recorded on video and analyzed. **Results:** The spectral edge frequency values for the smartphone group, as recorded from the upper right trapezius muscles on the surface electromyogram, showed a significant decrease ($p < .05$). Regarding the RULA, all three groups had results indicating "action level 2". **Conclusion:** All three groups had results indicating "action level 2" according to the RULA, which means that additional research on the posture of the participants while performing tasks is necessary, and their posture needs to be corrected. In particular, the smartphone group has the highest levels of fatigue in the upper trapezius muscles, suggesting that the task of inputting text on a smartphone is a high risk for causing cumulative trauma disorders.

Keywords: Muscle fatigue Smart phone, RULA, Video display terminal(VDT) syndrome

1. Introduction

정보화 시대에 따른 컴퓨터 기술의 비약적인 발전으로 인하여 컴퓨터는 사무실, 공장, 학교, 가정 등에서 다양한 용도로 사용하게 되었으며, 특히 개인용 컴퓨터의 출현 이후 컴퓨터의 활용범위 및 보급은 기하급수적으로 늘어나고 있다 (Kim and Lee, 2007). 최근 이동 중에도 다양한 정보를 간편하게 사용할 수 있는 스마트폰이 급속히 증가하고 있다 (Ryu, 2010).

영상표시단말기(VDT: Visual display terminal) 사용이

보편화 되면서 VDT를 사용하는 작업자의 직업관련 근골격계 질환이 커다란 문제가 되고 있다(Kim et al., 2007). 컴퓨터의 사용 시간과 빈도가 증가하고 사용범위가 확대됨에 따라 근골격계 질환(MSDs: Musculoskeletal disorders), 시각장애, 두통, 스트레스장애, 피부장애 및 생식기장애 등과 같은 VDT 증후군(Visual display terminal syndrome)이 사회적인 문제로 부각되었다(WHO, 1987). 특히, VDT 작업은 필수적 활용으로 화면을 지속적으로 응시하면서 자료내용을 주시해야 하고, 견관절을 일정한 자세로 유지하면서 정적인 작업 자세(Static posture)는 목의 전방굴곡과 정적 근육긴장(Static muscle tension)의 증가로 목과 어깨

Corresponding Author: Kyung Ko, Department of Physical Therapy, Gangnam-Gu Health Center, Seoul, 135-884.

Mobile: +82-10-6329-6167, E-mail: rhrud@gangnam.go.kr

Copyright©2013 by Ergonomics Society of Korea(pISSN:1229-1684 eISSN:2093-8462). All right reserved.

©This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. <http://www.esk.or.kr>

부위에 영향을 미친다(Yoo, 2006; Sim and Lee, 2009). 이처럼 지속적이고 반복적인 사용으로 인하여 신체의 연골 조직에 만성적인 질병을 야기하는 누적 외상성질환(CTDs: Cumulative trauma disorders)의 유발요인이 된다(Kim and Lee, 2007).

이러한 근골격계 문제의 정량적인 반응 관계를 알아보고자 하는 연구에서 누적 외상성질환의 유발요인인 사용 근육의 힘(Force), 근육 피로도(Muscle fatigue)와, 근육긴장도(Muscle tension)를 표면근전도를 이용하여 측정하여 누적 외상성질환의 발생과의 관계가 있음을 보여주는 연구가 발표되고 있다(Yim et al., 2000).

데스크탑의 적절한 자세에서 사용 중에도 근골격계의 문제가 발생할 수 있어 적절한 휴식, 스트레칭, 운동을 권유하거나, 그 심각성을 알리는 논문들이 많이 발표되었다(Cha et al., 1996; Kim et al., 2003; Yang et al., 2004; Kim and Lee, 2007; Kim, 2009; Park et al., 2009). 그러나, 영상표시단말기 중 데스크탑보다 화면크기, 키보드가 작지만 손쉽게 사용할 수 있는 스마트폰과 노트북을 사용하기 위해 목과 허리의 굽힘 자세가 증가하고, 이로 인하여 누적 외상성질환이 증가할 것으로 예상되나 스마트폰, 노트북 사용에 따른 근골격계의 피로도도와 자세평가에 대한 연구가 거의 없는 실정이다.

이에 본 연구의 목적은 건강한 성인 남·여 대상으로 스마트폰의 사용으로 인한 근골격계 질환 발생 예방을 위한 참고자료로 제공하고자 함이다. 이에 따라 노트북, 데스크탑 사용자와 비교하여 상부승모근의 피로도도와 RULA 결과를 분석할 것이다.

2. Method

2.1 Subject

본 실험에 참가하는 피실험자로서 30~40대 남·여 45명을 모집하였다. 이들은 모두 근골격계 질환의 과거병력이 없었으며, 오른손잡이였다. 피실험자의 기본적인 신체 특성치의 평균(표준편차)은 Table 1에 제시하였다.

2.2 Equipment

실험 결과에 영향을 줄 수 있는 작업 자세 및 작업 환경을 노동부에서 발표한 「영상표시단말기(VDT)취급 노동 근로자 작업관리지침」에 의하여 철저히 통제하여 주어진 독립변수 이외의 인자가 실험 결과에 미치는 영향을 최소화하였다(Ministry of Employment and Labor, 2009). 책상의 높이는

70cm, 모니터와의 거리는 40cm, 키보드와 책상 끝과의 거리는 15cm, 주관절의 각도는 90°가 되도록 하였다. 노트북과 스마트폰 사용시 위 조건과 동일한 환경에서 과제를 실시하였다(Figure 1).

Table 1. The general characteristics of the subjects (N=45)

	SmartPhone users (n=15)	NoteBook users (n=15)	DeskTop users (n=15)
Sex			
Male	7(46.7%)	7(46.7%)	7(46.7%)
Female	8(53.3%)	8(53.3%)	8(53.3%)
Level of education			
University	10(66.7%)	11(73.3%)	9(60.0%)
Graduate	5(33.3%)	4(26.7%)	6(40.0%)
Marriage			
Married	14(93.3%)	14(93.3%)	13(86.7%)
Unmarried	1(6.7%)	1(6.7%)	2(13.3%)
Age(yrs)	37.80±4.77	37.07±3.63	38.47±4.66
BMI	20.8±1.40	21.01±1.35	21.05±1.44
Height(cm)	170.80±6.53	170.47±6.89	169.60±6.84
Weight(kg)	60.80±7.07	61.27±7.54	60.67±6.64

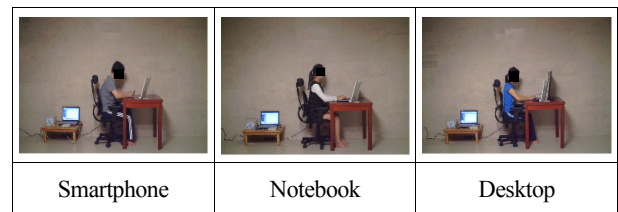


Figure 1. Text inputting task

2.2.1 Surface EMG

표면근전도기기는 QEMG-4(LXM3204, Laxtha, Co., Ltd., Korea)를 이용하였으며, 락싸의 장치운영소프트웨어(TeleScan, Laxtha, co., Ltd., Korea)를 이용하여 데이터를 수집하였다(Figure 2).

2.2.2 RULA(Rapid upper limb assessment)

Kim et al.(2007)의 굽힘 각도의 평가기준점에 관한 연구에서 관찰자간 각도 차이가 가장 작은 측정방법을 이용하여 10분 실험을 실시하는 동안 동영상촬영을 하여 시간이 지남에 따른 목, 어깨, 허리 부위의 자세 변화를 살펴보았다.



Figure 2. Measurement of SEMG

카메라의 위치는 기준점으로부터 4.5m 거리에 렌즈의 끝을 두고, 렌즈 중심높이가 1.2m가 되도록 하였다(Paul and Douwes, 1993).

2.3 Experimental design

피부는 면도하고 알코올을 문힌 솜으로 피부의 각질 등을 제거한 후 SENIAM에서 제안하는 전극 부착위치에 따라 좌·우 상부승모근(Upper trapezius muscle)에 부착하였다(Figure 3). 10초 동안 준비 시간을 준 후, 문자입력 과제를 10분 동안 실시하며, 그 중 준비 시간 10초를 버리고 초기 2분, 마지막 2분의 근전도 데이터를 얻었다.

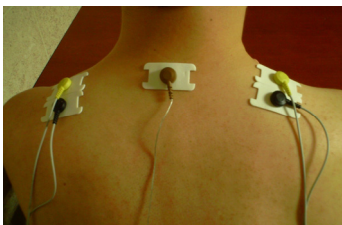


Figure 3. Position of surface electrodes

2.4 Procedure

2.4.1 Processing of Surface EMG

케이블과 인터페이스는 최대한 전파 간섭을 제거하는 형태로 구성하였다. 락사의 장치운영소프트웨어(TeleScan)를 이용하여 얻은 초기 2분, 후기 2분 데이터를 5point 당 1개씩 얻어서 0% 겹치게 하였다. 이를 힘의범위분석(Power spectrum analysis)에서 주파수를 10~500[Hz]로 잘라낸(cutting) 후 50% 겹치게 하여(Grace & Keith, 2008), 상부승모근의 피로도도 볼 수 있는 중앙주파수(SEF50[Hz]) 값의 감소를 관찰하였다(Cho et al., 2008).

2.4.2 RULA

스마트폰 사용군, 노트북 사용군과 데스크탑 사용군의 촬영된 작업과정을 어깨, 팔, 손목, 목, 등 상지에 초점을 맞추어서 작업 자세로 인한 근골격계 위험성을 평가하였다.

2.5 Statistics

본 연구의 모든 통계적 분석은 WINDOW 용 PASW 18.0을 사용하였다. 세 집단의 실험 전 종속변수의 정규성 검정을 kolmogorov-smirnov test로 실시하였고, 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)을 이용하여 동질성을 분석하였다. 세 집단의 일반적 특성은 카이제곱 검정(Chi-squared test)과 분산의 일원배치 분산분석을 이용하였다. 세 집단의 변화량의 차이를 비교하기 위해 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)을 이용해 분석하였고, 사후 검정으로 Tukey 검정을 사용하였다. 자료의 모든 통계학적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

3. Results

3.1 Comparison the three groups of change of muscular fatigue on Upper Trapezius

우측 상부승모근(RUT)의 중앙주파수(SEF50[Hz]) 값은 세 군간 유의한 차이가 있었으며, 특히 스마트폰 사용군(SPU)에서 데스크탑 사용군과 비교하여 통계적으로 그 값의 유의한 감소가 있었다($p < .05$) (Figure 4).

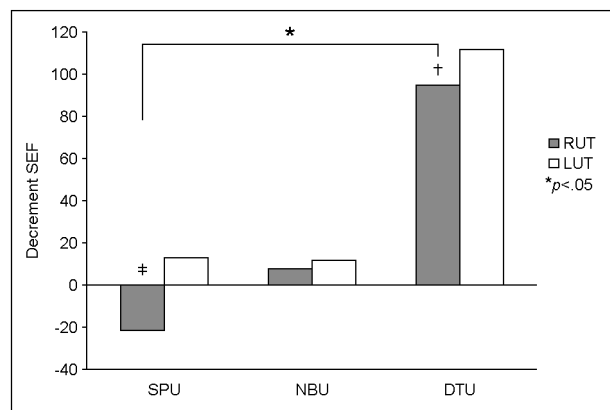


Figure 4. Comparison the three groups of change of muscular fatigue on Upper Trapezius

좌측 상부승모근(LUT) 중앙주파수 값은 세 군간 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

3.2 Comparison the three groups of change of RULA

세 군 모두 '조치수준 2'로 '작업 자세에 대한 추가적인 조사필요 및 작업 자세의 변경이 요구됨'의 결과가 나왔다 (Table 2).

Table 2. Comparison the three groups of RULA

	SPU	NBU	DTU
Result(S.D.)	3.5(±0.5)	3.4(±0.5)	3.1(±0.3)
Action level	2	2	2

4. Discussion

본 연구의 목적은 국내 스마트폰 사용의 급격한 성장속에서 스마트폰의 과도한 사용으로 인한 누적 외상성질환 발생 위험성을 파악하고자, 건강한 30~40대 성인 남·여를 대상으로 스마트폰 사용군, 노트북 사용군, 데스크탑 사용군을 비교 분석하였다.

이를 위해 과거 근전도의 중앙주파수를 이용하여 연구 및 분석한 문헌들을 조사하였고, 기존 연구들을 참조하여 책 읽기, 모니터 응시 등에서 가장 두드러지게 근피로도를 보여주었던 상부승모근을 선정하여 실험하였다. 그리고 스마트폰 사용군과 노트북, 데스크탑 사용군을 성별, 학력별, 결혼 유무로 다시 세분화하여 각각 영향을 주는 요인에 대해 연구하였다.

본 연구의 결과로 다음과 같은 몇 가지 내용으로 그 의미를 요약할 수 있다.

첫째, 스마트폰 사용군은 노트북, 데스크탑 사용군에 비해 우측 상부승모근 표면근전도의 중앙주파수 감소로 근피로도가 증가함을 알 수 있었다. 스마트폰 사용자는 노트북, 데스크탑 사용자보다 모니터의 낮은 위치로 인해 좀 더 몸을 앞으로 당기고 숙이게 되며(Shin and Zhu, 2011), 낮은 수준의 작업강도와 적은 휴식으로 인해 낮은 역치의 근섬유들과 사용하게 되는 것과 같다(Hagg, 1991). 이를 토대로 추후 정적인 자세에서의 근피로도를 측정하기 위해 중앙주파수를 이용할 수 있으며, 스마트폰 사용으로 인한 누적 외상성질환의 발생과 관련이 있음을 알 수 있을 것이다.

둘째, 본 연구에서는 대상자의 정면에 위치한 모니터를 두

고, 좌우 상부승모근에 표면근전도를 부착하여 근피로도를 관찰하였다. Grace와 Keith(2008)는 오른손잡이 남녀 각각 10명을 대상으로 한 연구에서 중앙에 위치한 스크린을 사용한 대상자의 우측 경추기립근(CES: Cervical erector spinae)과 상부승모근(UT)의 근활성도가 높았고, Straker et al. (2008)에 의하면 책상 위에 올려놓은 책을 보는 동안 목-머리의 굽힘이 발생하고, 비대칭한 자세가 유지되어 우측 경추기립근과 상부승모근의 활동이 증가한다고 하였다. 본 연구의 결과도 스마트폰 사용군의 우측 상부승모근의 근피로도가 증가되었으며, 이것은 스마트폰 사용이 정적이고 비대칭한 자세가 유지되며 이로 인한 근골격계 질환의 위험성이 잠재되어 있다고 볼 수 있다.

셋째, VDT 작업과 관련하여 근골격계의 불쾌감은 작업자의 제한적인 자세, VDT 작업대의 비인간공학적인 설계에 기인되는데 피로를 낮추는 자세를 살펴보면 상완의 신전 25° 이내, 외전 15~20°, 주관절의 각도가 90° 전후가 되도록 앉은 자세를 조절하는 것이 좋고, 팔꿈치(elbow)의 높이보다 키보드의 면이 지나치게 높아서는 안된다고 하였다(Korean Standards Association, 1991). 본 연구에서도 근골격계 질환과 관련된 위험인자에 대한 개인 작업자의 노출 정도를 평가하기 위해 실험 장면의 대푯값을 사용하여 평가하였다. 그 결과 세 군 모두 '조치수준 2' 작업 자세에 대한 추가적인 조사필요 및 작업 자세의 변경이 요구됨이었으나, 이것은 실험 전 작업 자세를 통제하였기 때문으로 생각한다. 그러나, 스마트폰 사용자들이 실험 환경보다 취약한 지하철, 버스 등의 사용량이 많으며, 책상처럼 적절한 팔 지지대가 없는 환경에서 사용하는 경우가 많아 근골격계에 문제를 일으킬 위험성에 더욱 노출되어 있으며(Han and Kim, 2011), 추가적인 조사가 필요하다.

넷째, Kim et al.(2005)의 연구에서 학력이 낮을수록, 여성일수록 근골격계 증상을 더 많이 호소하는 것으로 나타났는데, 본 연구에서는 대상자의 학력, 성별, 결혼 유무에 따른 차이가 없었다.

마지막으로, Pheasante(2001)는 매 10분마다 15초 휴식으로 1일 작업 시간 동안 작업자의 피로를 50%까지 감소시킬 수 있다고 보고하였으며, Robertson et al.(2002)은 대학생들을 대상으로 컴퓨터의 인간공학적 사용방법에 대한 워크숍을 가졌는데 참여하였던 학생들이 컴퓨터 작업장의 문제를 해결하기 위해 인간공학적 지식을 적용할 수 있게 되었다고 보고하였다. 그러므로, 앞으로 스마트폰 사용자에게 올바른 사용 자세와 휴식 시간의 중요성에 대한 교육을 해야 할 것이다.

본 연구는 스마트폰 사용자의 누적 외상성질환의 발생 위험성을 파악하고자, 표면근전도를 이용한 중앙주파수를 관찰하였으나, 실험 시간이 10분으로 실제 사용 시간보다 충분

하지 않고, 한 부위 근육으로 3가지 환경의 차이를 비교·분석하기에 부족하여 결과값에 대한 추가적 연구가 필요하다. 또한 향후 연구에서는 작업과제의 방법에 따른 근피로도 와 응시 각도에 따른 영향을 알아 볼 필요가 있다고 생각한다.

5. Conclusion

세 군 모두 RULA 조치수준 '2'로 '작업 자세에 대한 추가적인 연구가 필요하고 작업 자세를 변경할 필요가 있음'으로 나타났으나, 스마트폰 사용군이 근피로도가 가장 증가한 것으로 나타나 스마트폰 사용이 같은 환경에서의 데스크탑과 노트북 사용보다 근골격계 질환의 발생 위험 가능성이 높다고 생각한다. 따라서 스마트폰 사용 중 충분한 휴식 시간을 갖도록 하거나, 자주 작업 자세를 바꿔주고 스트레칭을 실시하도록 하여 근골격계 질환 발생 위험 요인을 최소화하도록 해야 할 것이다.

References

- Cha, Bong-suk, Ko, Sang-Baek, Chang, Sei-Jin & Park, Chang-Sik, A study on the Relationship between Subjective Symptoms Status of VDT Operators, *Korean J Occup Environ Med*, 8(3), 403-13, 1996.
- Cho, W.H. Lee, W.Y. & Choi, H.K., An Investigation on the Biomechanical Effects of Turtle Neck Syndrome, *Korean Society for Precision Engineering*, 195-196, 2008.
- Grace, P.Y. Szeto, Keith, S.W. Sham, The effects of angled positions of computer display screen on muscle activities of the neck-shoulder stabilizers, *J Ergon*, 38(1), 9-17, 2008.
- Hagg, G.M., Static work loads and occupational myalgia - a new explanation model, In: Anderson PA, Hobart DJ, Danoff JV, editors, *Electromyogr kinesiol, Amsterdam: Elsevier Science*, 141-143, 1991.
- Han, Eun Kyung & Kim, Jwa Joong, A Study on Smartphone User's Motives to Use Mobile Advertisements and their Satisfaction: Based on the Use and Gratification Theory, *Cybercommunication Academic Society*, 28(1), 165-201, 2011.
- Kim, B.K., Park, H.W., Yim, H.W., Koo, J.W. & Lee, K.S., Selection of a High Risk Groups and the Effectiveness of an Exercise Program on Musculoskeletal Symptoms in Small and Medium Sised Enterprises, *Korean J Occup Environ Med*, 17(1), 10-25, 2005.
- Kim, Dae Sung, Bae, Sun Duk, Mun, Byung Kuk & Kim, Cheol Hong, Criteria for classification of flexion angle for the assessments of posture by observation methods, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 330-335, 2007.
- Kim, Jong Eun, Kang, Dong Muk, Shin, Yong Chul, Son, Mi A, Kim, Jung Won, Ahn, Jin Hong, Kim, Young Ki & Moon, Deog Hwan, Risk Factors of Work-related Musculoskeletal Symptoms Among Shipyard Workers, *Korean J Occup Environ Med*, 15(4), 401-10, 2003.
- Kim, Young Min, Effects of Use of the Hold Relax Technique to Treat Female VDT Workers with Work-related Neck-shoulder Complaints, *Korean J Occup Environ Med*, 21(1); 18-27, 2009.
- Kim, Yu Chang & Lee, Jun Pal, A Study on the Short Break Time on VDT Work using EMG, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 26(4), 41-47, 2007.
- Korean Standards Association, Ergonomics of design and use of visual display terminals(VDTs) in offices, Specifications for VDT workstations, 1991.
- L. Straker, R. C. Pollock, Burgess-Limerick, R. Skoss, J. Coleman, The impact of computer display height and design on muscle activity during information technology work by young adults, *J Electromyogr kinesiol*, 18(2), 606-617, 2008.
- Ministry of Employment and Labor, Amendent 20 September 2009, Mol Public Notice No. 2009-38.
- Park, Hee Sok, Lee, Yun Keun & Ok, Dong Min, Comparison of Ministry of Labor Notification for VDT Work Management and KS A/ISO 9241, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 28(4), 109-115, 2009.
- Park, Ill, Yim, Hyeon Woo, Koo, Jung-Wan & Lee, Kang Sook, Selection of High Risk Group and the Effectiveness of Exercise Program on Musculoskeletal Symptoms in Small and Medium Sized Enterprises, *Korean J Occup Environ Med*, 17(1), 10-25, 2005.
- Paul and Douwes, Two-dimensional photographic posture recording and description, a validity study, *Applied Ergonomics*, 24(2), 83-90, 1993.
- Pheasant, S, *Ergonomics, Work and Health*, 245, 1991.
- Robertson, M., Amick, B.C., Hupert, N., Pellerin-Dionne, M., Cha, Sanghyuk Yim, Park, Heesok & Kim, Hyunwook, Assessing Muscle Tensions During VDT Works with Surface Electromyography, *Korean J Occup Environ Med*, 12(4), 524-536, 2000.
- Ryu, Taebeum, Reliability and performance analysis of preferred hand in smart phone text entry using one hand, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 213-218, 2010.
- Shin, Gwanseob & Zhu, Xinhui, Users discomfort, work posture and muscle activity while using a touchscreen in a desktop PC setting, *Ergonomics*, 54(8), 733-744, 2011.
- Sim, Mi Jung & Lee, Young Sook, A study on the VDT syndrome and relating work factors of office workers, *Journal of Korea society for Health Education and Promotion*, 25(3), 95-109, 2008.
- WHO, Bergqvist, Ulf O. V., Knave, Bengt. Visual display terminals and worker's health, *World Health Organ*, 1987.
- Yang, Young-Ae, Kim, Young-Hee, Kim, Yong-Kwon, Hur, Jin-Gang, Song, Jae-Cheol & Kim, Yoon-Shin, Effects of Thoracic Spinal Exercise Program in VDT Workers: Pain Relief and Increased Flexibility, *Korean J Occup Environ Med*, 16(3), 250-261, 2004.
- Yoo, Won-gyu, Yi, Chung-hwi & Kim, Min-hee, of proximity-sensing Feedback chair on Head, Shoulder, and Trunk Postures When working at a Visual Display Terminal, *J Occup Rehabil*, 16(4), 631-637, 2006.

Author listings

Kyung Ko: rhrud@gangnam.go.kr

Highest degree: MS, Department of Rehabilitation Therapy, Graduate School of Hallym University

Position title: Gangnam-Gu Health Center, Medical and Pharmaceutical Division, Health Care Support Team, Department of Physical Therapy

Areas of interest: Rehabilitation and Physical therapy Musculoskeletal disorder, and Neurological disorder, Motion analysis and EMG

Hee-Soo Kim: otkimhs@empal.com

Highest degree: PhD, Department of Rehabilitation Therapy, Graduate School of Hallym University

Position title: Gangdong Sacred Heart Hospital, Hallym Medical Center, Department of Rehabilitation medicine, Occupational Therapy Team leader

Areas of interest: Motion analysis of the elderly, posture analysis of nervous system diseases

Ji-Hea Woo: palpation@hallym.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Rehabilitation Therapy, Graduate School of Hallym University

Position title: Professor, Department of Physical Therapy, Hallym college

Areas of interest: Rehabilitation and Physical therapy Musculoskeletal disorder, and Neurological disorder, Motion analysis and EMG

Date Received : 2013-01-18

Date Revised : 2013-04-22

Date Accepted : 2013-04-24