

손목관절의 기능적 운동 특성의 동작 분석

한 정 수

한성대학교 기계시스템 공학, 산업 및 기계시스템 공학부

(2003년 9월 30일 접수, 2003년 12월 29일 채택)

Functional Motion Analysis of Wrist Joints

Jung Soo Han

Center for Safety and Science Technology, Department of Industrial and Mechanical Systems Engineering,
Hansung University

(Received September 30, 2003. Accepted December 29, 2003)

Abstract : Injuries of wrist in upper extremity is common onset in industrialized world. The development of joint arthroplasty and mechanical joint is area of research for biomechanical engineer and surgeon for a decade. Therefore, the knowledge of characteristic of joint motion is essential to develop the artificial wrist joint.

In this study, the joint motions of wrist required for activities of daily living (ADLs), including personal hygiene and care, and general home activity were measured using flexible electrogoniometer. Total of 25 different daily activities were separated into four groups and tested on 15 subjects who did not show any abnormality of their joint functions. The maximum functional range of motion required for ADLs were obtained and standardized for analysis and comparison. Also, a least functional range of motion for ADLs were investigated.

Results revealed that any significant differences were not found in least functional range of motion between left and right wrist to perform ADLs. However, a significant difference was found in different ADLs. Therefore, least range of motion obtained in this study can be used as basic data to design artificial joint and set a goal for surgeon to achieve appropriate treatment from patients.

Key words : Wrist Joint, Extension, Flexion, Ulnar Deviation, Radial Deviation, Abduction, Adduction

서 론

국내의 기술개발현황을 보면 정상 손목관절의 최대로 운동할 수 있는 범위가 표준 goniometry 측정방법을 사용하여 연구되어진 많은 논문이 발표되었지만[3,4,13]실지로 동적 운동 상태에서 손목관절의 운동상태를 측정하는 것은 아니었다. Brumfield et al.(1966)[4]의 논문에서 단일축 goniometer를 사용하여 손목관절운동의 굴곡 및 신전(flexion/extension)의 동작만 논의된 것을 볼 수 있으며, Palmer et al.(1985)[13]의 논문에 따르면 electrogoniometer를 이용하여 wrist fusion

[10,16], total arthroplasty[7]와 ligament reconstructive procedures[13] 등과 같은 수술후의 기능적 동적 운동범위를 발표하였다. 그러나 여기서는 정상인을 대상으로 하는 일상생활(ADLs)에서의 손목관절에 요구되어지는 행동반경은 고려되지 않았다[4,14,15].

그러므로 본 연구에서는 기초 자료의 필요성을 인식하고 한국인을 대상으로 정상인의 손목관절의 동적 운동특성을 밝혀려는 데에 목적을 두고 있으며, 인공관절(joint arthroplasty)과 의수(mechanical hand)의 개발을 위한 기초적 자료로서 손목관절의 운동특성에 대한 이해를 제공 가능하게 하며, 이러한 운동특성의 이해로 인공관절과 의수의 개발 시 보다 실질적이며 체계적이고 한국인의 체형에 적합한 제품을 생산 가능하게 함을 목표로 하고 있다. 또한 이를 위한 기초 연구로서, 손목관절의 기능적 운동특성분석을 통하여 일상생활을 영위하는 데 있어서 필수 불가결한 최소한의 손목 관절의 운동범위의 영역

*본연구는 2003학년도 한성대학교 공학연구센터 특별연구비 지원과제임
통신저자 : 한정수, (136-792) 서울시 성북구 삼선동 2가 389
한성대학교 기계시스템공학과

Tel. 02)760-4323, Fax. 02)760-4207
E-mail. jshan@hansung.ac.kr



Fig. 1. Measurement System and Subject Wearing Goniometer

(range of motion)을 밝힘으로써 의학자로 하여금 손목수술 환자에게 제공할 수 있는 최소한의 목표설정을 할 수 있도록 도움을 주고자 한다.

연구내용 및 방법

관절의 동작을 표현하는데 있어서 기술적 측면으론 stereometric방법[1,19], accelerometric방법[8,11], electromechanical linkage방법[2,5,6], biaxial electrogoniometer방법[6,12] 등이 있다. 본 연구에서 사용되어질 동작측정 방법으로는 biaxial electrogoniometer를 사용하였으며, 실험방법의 장점으로는 사용의 편리함과 두 축의 관절의 동작이 실제 시간상에서 디지털 데이터로 측정 될 수 있으며, 측정된 데이터의 신뢰성과 또한 그에 대한 정확성을 들 수 있다[6,9]. 손목관절은 굴곡/신전(flexion/extension)과 요측/척측굴곡(radial/ulnar deviation)으로 두개의 자유도를 갖는 관절로 가정되었다.

본 연구에서 사용되어질 electrogoniometer는 2개의 자유도를 갖고 있으며 실시간에서 기능적인 손목관절의 운동범위를 측정하는데 사용되었다. 본 연구 책임자의 경험에 따르면 측정하려는 관절에 부착하는 goniometer의 alignment가 관절의 운

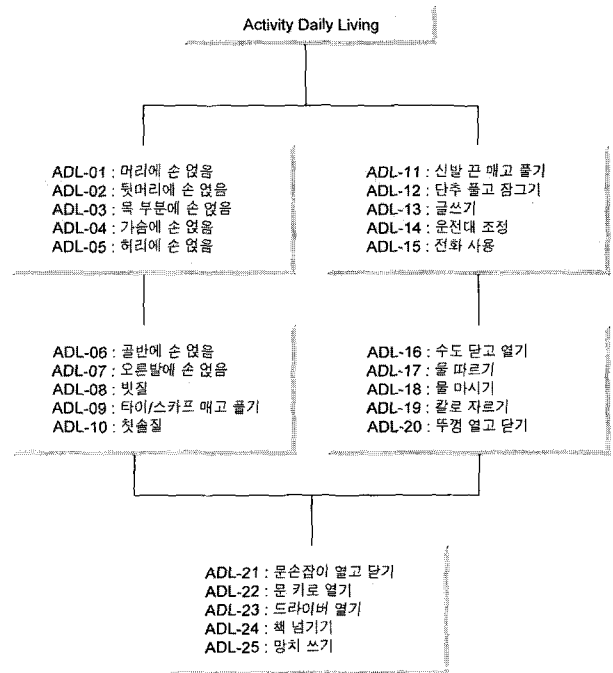


Fig. 2. Activity Daily Living chosen in this Study

동특성분석에 있어서 가장 중요한 요소 중에 하나임을 밝히고 있다. 그러므로 관절의 anatomical landmark의 정확한 이해와 생리학적인 이해가 동시에 요구되어지는 부분 중에 하나이다.

Youm et al.(1980, 1978)[17,18]에 의하면 월상골(lunate)쪽으로 유두골(capitate)의 머리부분에 해당하는 부분이 손목관절의 굴곡/신전 각도와 요측/척측 굴곡각도의 회전중심축이라 할 수 있다. 이 중심축을 기준으로 사용되어진 goniometer의 양단이 결정되어 지는데 electrogoniometer의 원위한단(distal endblock)은 제3중수골(3rd metacarpal)의 위치에 놓일 것이며 근위한단(proximal endblock)은 distal forearm의 중심 부분에 위치하였다. 여기서 중요시하여야 할 것은 손목관절의 동작측정시 supination/pronation의 정확한 이해를 하여야 정확한 결과를 얻을 수 있을 것이다. Fig. 1에서는 측정하고자하는 부위에 부착된 electrogoniometer 와 angle display unit을 보여주고 있다.

1. 피실험자 및 실험군

연구 대상으로는 15명으로 상지의 병리학적인 요소나 손상을 받은 경험이 없는 건강한 남녀를 대상으로 하였으며, 주요 기능적 손목 관절 및 주관절의 동작을 반영시킬 수 있는 총 25가지의 일상생활에 기본이 될 수 있는 활동을 가지고 동작을 수행하여 분석하였다.

Fig. 2에서는 본 연구에서 선정된 일상생활에서 대표적이라 할 수 있는 25가지의 ADLs을 보여주고 있다.

2. 실험 절차와 해석방법

실제 현장 실험을 위한 실험장비의 운용에 있어서 중요한

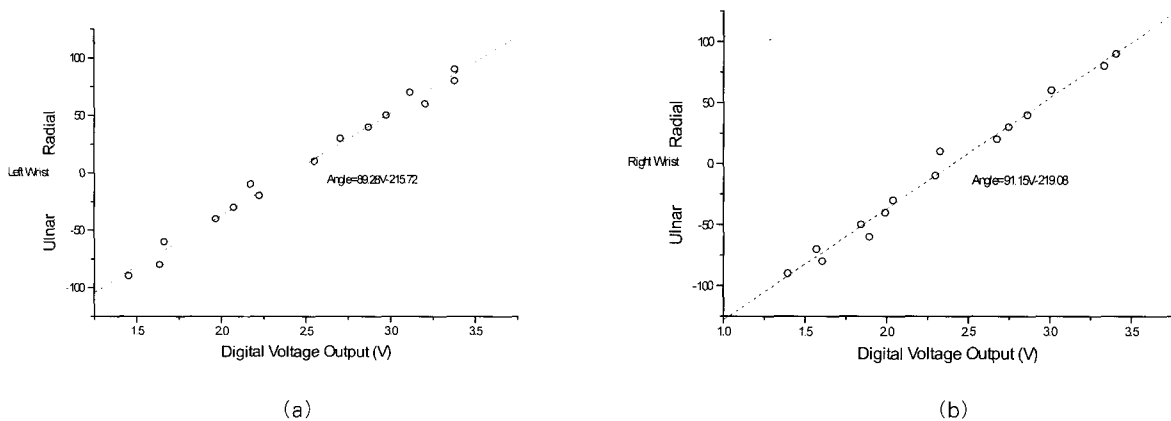


Fig. 3. Calibration Curve of 2-Axis for (a)Left and (b)Right Wrist

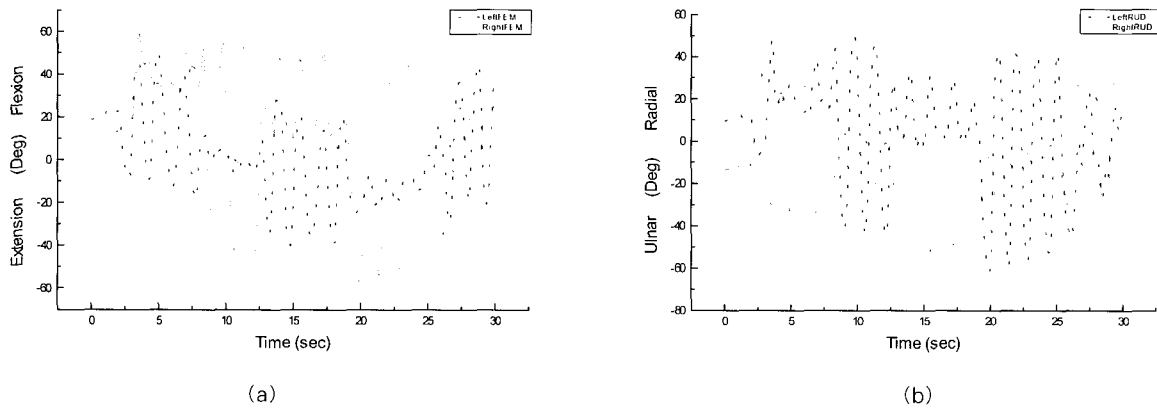


Fig. 4. Example of Joint Activity w.r.t 2 Degree of Freedom Based on Real Time

사항은 data acquisition을 통해 들어오는 시그널의 보정작업 (calibration) 이라고 할 수 있다. 실험 장비 제조업체에서 일반적 calibration data sheet를 제공하지만, 실제 실험 데이터는 여러 경로 즉, electrogoniometer의 전기 신호를 증폭기를 통해 아날로그 신호를 Keithly™ 8 channel Das 1202(A/D Board)를 이용하여 디지털 신호로 변환시킨 후 computer hard disc에 측정된 신호를 저장한다. 디지털 신호를 컴퓨터에 받아들이기 위한 data acquisition 소프트웨어로는 LabTech Notebook™(Ver. win3.1)을 사용하였다. 그러므로 위에서 언급한 것과 같이 다양한 실험 장치를 통하여 수집되는 전기 신호들의 정확한 해석을 위해서는 전체 시스템의 보정작업이 무엇보다도 중요하겠다고 하였다. 또한 왼손과 오른손에 쓰여질 실험 장비들의 보정작업을 각각 수행하였고, 각각의 손에 있는 2개의 자유도에 대해 개별적으로 보정작업을 수행하였다.

본 연구에서 수행되어진 보정작업을 통하여 얻어진 데이터는 다음 Fig. 3과 같다. 왼손 및 오른손 그에 따르는 2개의 자유도에 따른 실제 동작 측정값이 실제 시간상에 나타나는 예는 Fig. 4에 나타나 있다.

25종류의 일상 활동에서 요구되어지는 운동 동작을 손목관절에 적용하여 실험측정을 하였으며, 이러한 동작 범위를 토대

로 일상생활에서 필요한 각 관절에서 요구되어지는 최대/최소의 운동 동작 범위를 산정하였으며, 본 연구에서 제공되어지는 실험 자료는 표준 한국인의 손목관절 대한 운동 범위를 정하는 기초 자료로 사용 될 수 있을 것이다.

결 과

왼손의 경우 굴곡/신전 각도에 대하여 전체 ADL 25까지 각각의 해당하는 동작 범위를 나타내고 있다(Fig. 5a). 여기서 ADL 4인 복부분에 손 없음에 있어서는 굴곡각이 $80.1^{\circ} \pm 8.5^{\circ}$ 로서 신전각도 $13.1^{\circ} \pm 7.0^{\circ}$ 보다 필요로 하는 동작 범위가 크게 나타났고, ADL 13 인 글쓰기에 있어서는 피 실험자가 오른손을 생활에 있어서 주로 쓰기 때문에, 왼손의 굴곡각과 신전각은 나타나지 않았다. 동작 범위를 polar chart를 이용하여 데이터 분포의 평균을 구하여 최소로 요구되어지는 각각의 동작에 있어서 범위를 나타내었고, 여기서 실제 평균 굴곡 각도의 범위는 $36.7^{\circ} \pm 16.5^{\circ}$, 평균 신전 각도의 범위는 $40.7^{\circ} \pm 15.3^{\circ}$ 로서 손목의 신전각도가 굴곡각도 보다 4.3° 정도 더 필요함을 나타내고 있다(Fig. 5b).

Fig. 6a는 오른손의 경우 굴곡/신전 각도에 대하여 전체

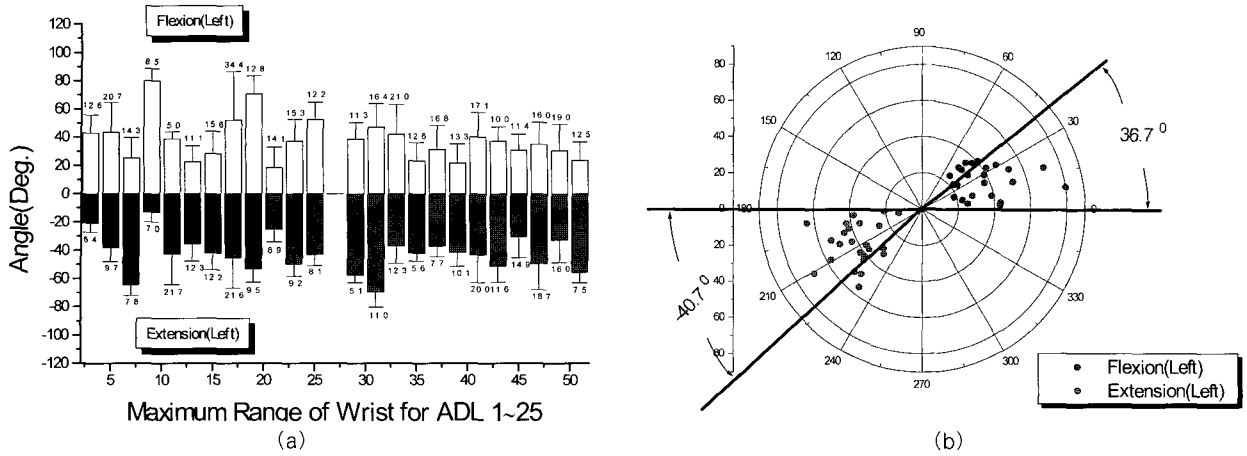


Fig. 5. Maximum Range of Wrist for ADL 1~25 (a) and Common Range of Motion (b) : Left Wrist

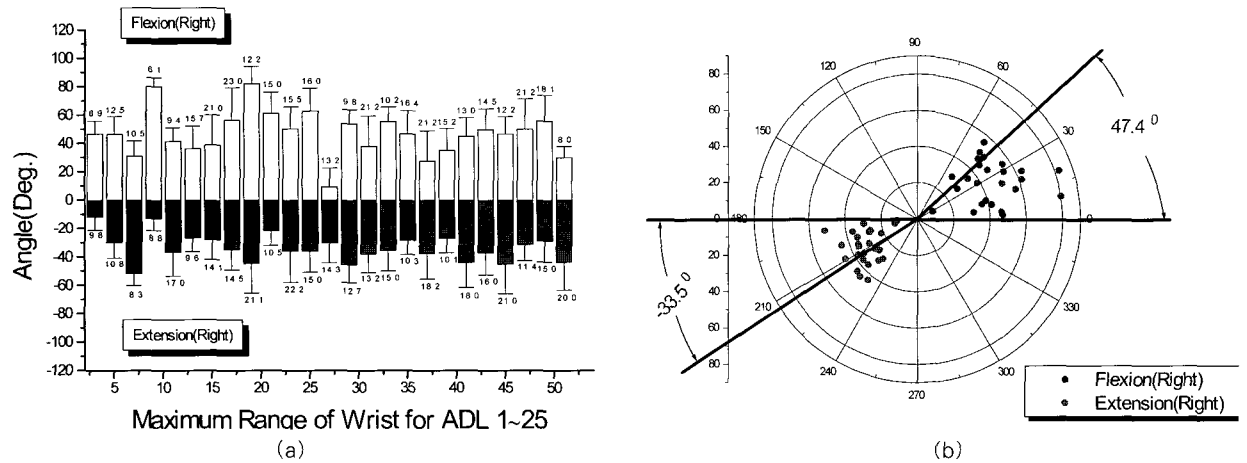


Fig. 6. Maximum Range of Wrist for ADL 1~25 (a) and Common Range of Motion (b) : Right Wrist

ADL-25까지 각각의 해당하는 동작 범위를 나타내고 있다. 여기서 왼손의 경우에서와 같이 ADL-4 목부분에 손 얹음에 있어서도 굴곡각 $80.3^{\circ} \pm 6.1^{\circ}$ 로 신전각 $12.6^{\circ} \pm 8.8^{\circ}$ 보다 동작 범위가 크게 나타났고, ADL-13 글쓰기에 대해서는 $9.5^{\circ} \pm 13.2^{\circ}$ 로 동작 범위가 나타났다. 왼손의 경우와 마찬가지로 동작 범위를 Polar Chart를 이용하여 데이터 분포의 평균을 구하여 최소로 요구되어지는 각각의 동작에 있어서 범위를 나타내었고, 여기서 평균 굴곡 각도의 범위는 $47.4^{\circ} \pm 15.6^{\circ}$ 이며 신전 각도의 범위는 $33.5^{\circ} \pm 9.7^{\circ}$ 로 나타남을 볼 수 있다(Fig. 6b). 이는 위에서 언급한 왼손과의 결과와는 상당히 대조적인 현상을 보이고 있으며, 오른손은 손목의 굴곡각도가 신전각도 보다 오히려 13.9° 정도 더 필요함을 보여주고 있다.

요측/척측 굴곡각도에 대하여서도 전체 ADL-25 까지 동작 범위를 나타내고 있다(Fig. 7a). 왼손의 경우 굴곡/신전 각도에서와 마찬가지로 ADL-4에 있어서, 요측각도 $50.0^{\circ} \pm 10.8^{\circ}$ 로서 척측각도 $11.0^{\circ} \pm 5.0^{\circ}$ 보다 동작 범위가 크게 나타남을 볼 수 있다. 동작 범위를 Polar Chart를 이용하여 데이터 분포의 평균을 구하여 최소로 요구되어지는 각각의 동작에 있어서 범위를

나타내었고, 여기서 평균 요측각도의 범위는 $26.3^{\circ} \pm 11.3^{\circ}$, 척측각도의 범위는 $22.9^{\circ} \pm 9.2^{\circ}$ 로 나타났다(Fig. 7b). 이는 손목의 요측각도가 척측각도 보다 3.4° 정도 더 필요함을 나타내고 있다.

Fig. 8a는 오른손의 요측/척측 굴곡각도에 대한 전체 ADL-25 까지를 나타내고 있다. 여기서 상대적으로 ADL-19인 칼로 자르기에서는 요측 각도에 있어서는 $36.9^{\circ} \pm 10.1^{\circ}$ 로서 왼손의 $10.3^{\circ} \pm 24.0^{\circ}$ 보다 크게 나왔고, 척측 각도에 있어서는 오른손이 $1.20^{\circ} \pm 9.7^{\circ}$ 로 왼손의 $23.2^{\circ} \pm 16^{\circ}$ 보다 작게 나타났다. 이것은 주로 피 실험자가 오른손을 일상생활에서 더 많이 쓰고 있었으며, 또한 척측 운동보다는 요측을 더 많이 쓰고 있음을 알 수 있다. 동작 범위를 polar chart를 이용하여 데이터 분포의 평균을 구하여 최소로 요구되어지는 각각의 동작에 있어서 범위를 나타내었고, 여기서 평균 요측각도의 범위는 $30.5^{\circ} \pm 7.5^{\circ}$ 이며 평균 척측각도의 범위는 $23.0^{\circ} \pm 10.5^{\circ}$ 로 나타남을 볼 수 있다(Fig. 8b).

따라서 본 연구에서 제시된 가정과 위에 언급한 결과를 토대로, 일상생활에 필요로 하는 손목의 굴곡/신전각 및 요측/척측 각도의 평균최대 운동범위는 Fig. 9에서 나타난 바와 같다.

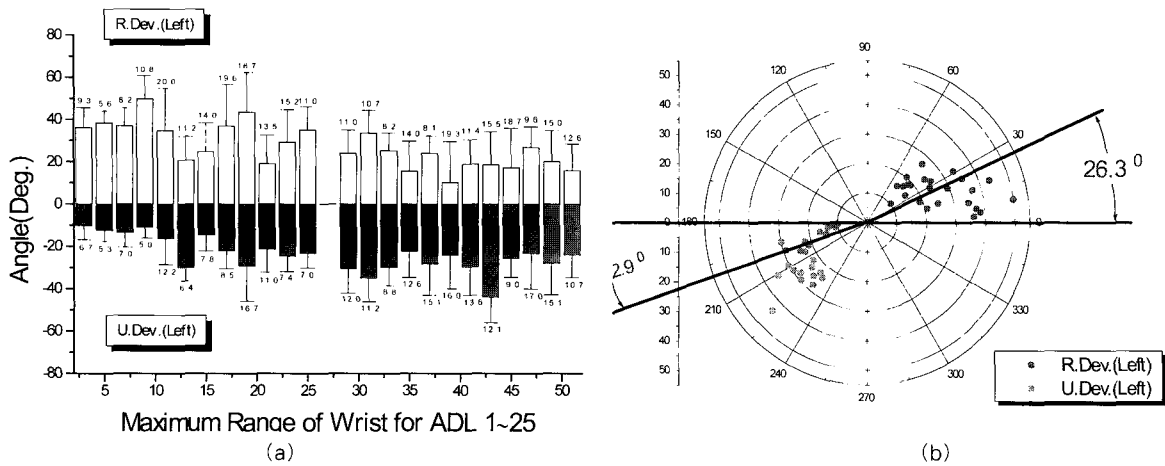


Fig. 7. Maximum Range of Wrist for ADL 1~25 (a) Common Range of Motion (b) : Left Wrist

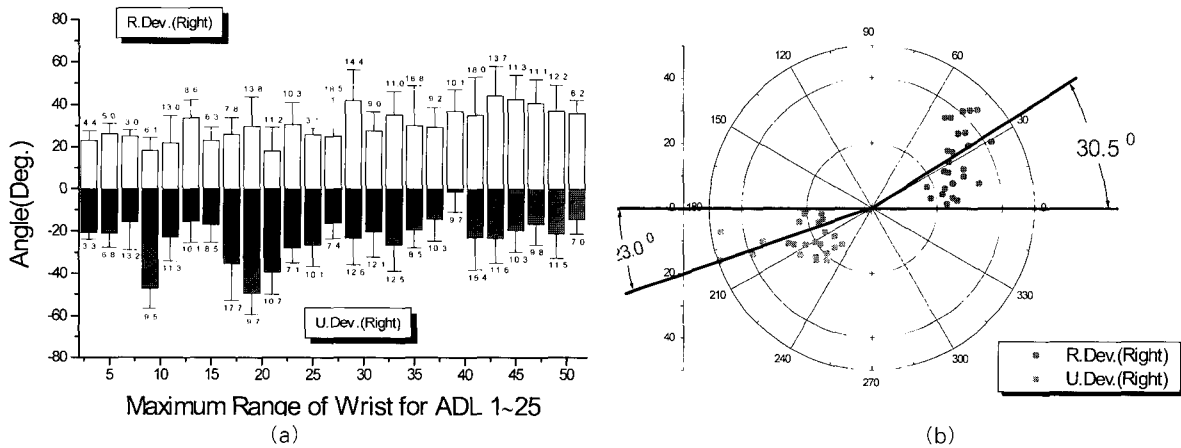


Fig. 8. Maximum Range of Wrist for ADL 1~25 (a) and Common Range of Motion (b) : Right Wrist

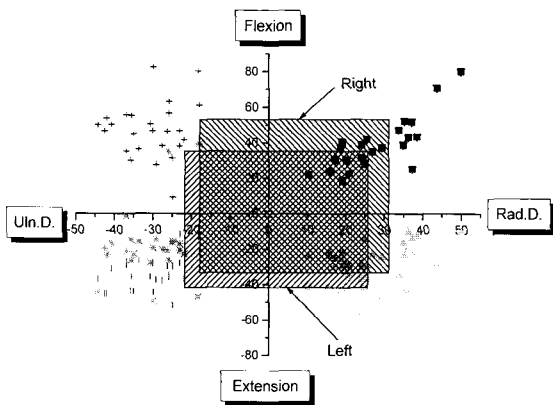


Fig. 9. Least Range of Motion Required for Daily Activity for wrist.

평균적으로 오른손의 사용빈도가 많은 시험대상이 선택됨으로 인하여, 필요로 하는 굴곡 각도는 주로 왼손보다는 오른손에서 많이 나타났으며, 신전각도는 오히려 왼손에서 많이 나타남을

볼 수 있다. 그러나 요측 굴곡각도는 오른손에서 적측 굴곡각도는 왼손에서 더욱 필요로 하는 것으로 보여지고 있다. 이는 오른손 왼손 구분이 없는 상황에서 실험을 하였다면, 오른손을 주로 쓰는 시험대상에게는 왼손 보다는 더 확장된 운동범위가 필요함을 보여주고 있다.

논의 및 결론

Palmer et al.[14] 및 Brumfield et al.[4]논문에서는 손목관절의 손상을 받은 사람을 대상으로 분석하였으나, 본 논문에서는 일상생활에서 정상인을 대상으로 한 손목관절 동작분석을 함으로서 한국인의 일상생활에서 최소한 요구되어지는 운동범위를 제시하였다. 미국의 손목관절에 대한 연구에 있어서는 Ryu[20]에 의하면 선정된 동작에 대해 굴곡각 54°, 신전각 60°, 요측각 17°, 적측각 40°로서 최소로 요구되어지는 동작반경을 측정하여 논문을 발표하였으며, 본 연구와의 차이점은 오른손과 왼손의 구별된 결과가 제공 되지 않아 본 연구에서의 결과와의 비교가 용이치 않는 문제점을 갖고 있다. 그러나 전체적으로

로 본 연구에 의하면 오른손을 주로 쓰는 경우를 가정하더라도, 미국인의 평균 동작범위보다는 상당히 작게 나타남을 알 수 있다.

본 연구에서는 평균 손목관절 운동범위에 대해 오른손에서는 굴곡각 53°, 신전각 34°, 요측각 31°, 척측각 18°, 왼손에서는 굴곡각 37°, 신전각 41°, 요측각 26°, 척측각 22°으로 나타났다. 결과적으로 본 연구에서 선정된 25가지의 동작에 필요로 하는 손목관절의 최소운동범위 즉, 양쪽 손 모두에 대한 신전각/굴곡각/요측각/척측각에 대해 최소로 요구되어지는 동작범위를 나타냄으로서, 정상인이 일상생활에 필요로 하는 손목관절의 운동 범위는 Fig. 9에 나타난 것과 같이 포함되어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. Ayoub MA, Ayoub MM, Ramsey JD. A stereometric system for measuring human motion. *Hum Factors* 1970;12:523-35
2. An KN, Chao EYS. Kinematic analysis of human movement. *Ann Biomedical Engrg* 1984;12:585-97
3. Boone DC, Azen SP. Normal range of motion of joints in male subjects. *J Bone Joint Surg* 1979;61A:756-9
4. Brumfield R, Nickel V, Nickel E. Joint motion in wrist flexion and extension. *South Med J* 1966;59:909-10
5. Cho EYS. Justification of triaxial goniometer for the measurement of joint rotation. *J Biomech* 1980;13:989-1006
6. Chao EYS, Morrey BF. Three-dimensional rotation of the elbow. *J Biomech* 1978;11:57-73
7. Cooney WP, Beckenbaugh RD, Linscheid RL. Total wrist arthroplasty. *Clin Orthop* 1984;187:121-8
8. Hayes WC, Feldman JM, Oatis C, Nixon JE. Gait analysis by multiaxial accelerometry. *Dallas: Trans 24th Orth Res Soc*, 1978;3:104
9. Karpovich PV, Karpovich GP. Electrogoniometer: a new device for study of joints in action. *Fed Proc* 1959;18:79
10. Kleinman WB, Steichen JB, Strickland JW. Management of chronic rotatory subluxation of the scaphoid by scapho-trapezio-trapezoid arthrodesis. *J Hand Surg* 1982;7:125-36
11. Morris JRW. Accelerometry-a technique for the measurement of human body movement. *J Biomech* 1973;6:729-36
12. Morrey BF, Askew LJ, An KN, Chao EYS. A biomechanical study of normal functional elbow motion. *J Bone Joint Surg* 1981;63A:872-7
13. Palmer AK, Dobyns JH, Linscheid RL. Management of post traumatic instability of the wrist secondary to ligament rupture. *J Hand Surg* 1978;3:507-32
14. Palmer AK, Werner FW, Murphy D, Glisson R. Functional wrist motion: a biomechanical study. *J Hand Surg* 1982;7:125-36
15. Volz RG, Lieb M, Benjamin J. Biomechanics of the wrist. *Clin Orthop* 1980;149:112-17
16. Watson HK, Hempton RF. Limited wrist arthrodesis. *J Aand Surg* 1980;5(4):320-7
17. Youm Y, Flatt AE. Kinematics of the wrist. *Clin Orthop* 1980;149:21-32
18. Youm Y, McMurtry RY, Flatt AE, Gillespie TE. Kinematics of the wrist. *J Bone Joint Surg* 1978;60A(4):423-31.
19. Youm YS. Analytical development in investigation of wrist kinematics. *J Biomech* 1979;12:613-21
20. Jaiyoung Ryu, William P. Functional Ranges of Motion of the Wrist Joint. *Wrist Biomech* 1992;144