

# 관성측정장치를 이용한 요추 가동범위 측정방법의 반복성 및 검사자 내 검사-재검사 신뢰도 연구\*

안지훈<sup>1,2</sup>, 김현호<sup>2</sup>, 윤우석<sup>3</sup>, 이순호<sup>1</sup>, 신유빈<sup>1</sup>, 김상민<sup>1</sup>, 박영재<sup>2,3</sup>, 박영배<sup>2,3,\*</sup>

<sup>1</sup>대전자생한방병원 침구의학과

<sup>2</sup>경희대학교 한의과대학 진단·생기능의학과

<sup>3</sup>경희대학교 한의과대학 한방인체정보의학과



## [Abstract]

Test-retest Reliability and Intratest Repeatability of Measuring Lumbar Range of Motion Using Inertial Measurement Unit\*

Ji Hoon Ahn<sup>1,2</sup>, Hyun Ho Kim<sup>2</sup>, Woo Suck Youn<sup>3</sup>, Sun Ho Lee<sup>1</sup>, You Bin Shin<sup>1</sup>, Sang Min Kim<sup>1</sup>, Young Jae Park<sup>2,3</sup> and Young Bae Park<sup>2,3,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Acupuncture and Moxibustion Medicine, DaeJeon Jaseng Hospital of Oriental Medicine

<sup>2</sup>Department of Biofunctional Medicine and Diagnostics, College of Korean Medicine, Kyung Hee University

<sup>3</sup>Department of Human Informatics of Korean Medicine, Interdisciplinary Programs, Kyung Hee University

Objectives : The purpose of this study is to estimate the test-retest reliability and the intratest repeatability in measuring the lumbar range of motion of healthy volunteers with wireless microelectromechanical system inertial measurement unit(MEMS-IMU) system and to discuss the feasibility of this system in the clinical setting to evaluate the lumbar spine movement.

Methods : 19 healthy male volunteers were participated, who got under 21 points at Oswestry disability index(ODI) were adopted. Their lumbar motion were measured with IMU twice in consecutive an hour for the test-retest reliability study. Intratest repeatability was calculated in the two tests separately. The calculated intraclass correlation coefficients(ICC) were discussed and compared with the those of the previous studies.

Results : Lumbar range of motion of flexion 41.45°, extension 16.34°, right lateral bending 16.41° left lateral bending 13.63° right rotation -2.47°, left rotation -0.61°. ICCs were 0.96~1.00(intratest repeatability) and 0.61~0.92(test-retest reliability).

Conclusion : This study shows that MEMS-IMU system demonstrates a high test-retest reliability and intratest repeatability by calculated intraclass correlation coefficients. The results of this study represents that wireless inertial sensor measurement system has portable and economical efficiency. By MEMS-IMU system, we can measure lumbar range of motion and analyze lumbar motion effectively.

Key words :

LRM:

Lumbar range of motion:

IMU:

Inertial sensor

Received : 2014. 02. 10.

Revised : 2014. 03. 06.

Accepted : 2014. 03. 10.

On-line : 2014. 03. 20.

※ This study was supported by a grant of the Korean Health Technology R & D Project(HI13C0510) Ministry of Health & Welfare, Republic of Korea

\* Corresponding author : Department of Biofunctional Medicine and Diagnostics, College of Korean Medicine, Kyung Hee University, 23, Kyungheedaero, Dongdaemun-gu, Seoul, 130-872, Republic of Korea

Tel : 82-2-958-9240 E mail : bmppark@khu.ac.kr

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.

The Acupuncture is the Journal of Korean Acupuncture & Moxibustion Medicine Society. (<http://www.TheAcupuncture.or.kr>)

Copyright © 2014 KAMMS. Korean Acupuncture & Moxibustion Medicine Society. All rights reserved.

## I. 서론

인체의 운동 평가는 근골격계 질환의 정확한 진단 및 효과적인 치료법 개발에 있어 중요한 영역이다<sup>1)</sup>. 그러나 근골격계의 움직임을 평가할 도구는 제한적이다<sup>2)</sup>. 요추의 운동 평가는 주로 요추 가동범위(lumbar range of motion, 이하 LROM) 측정 및 평가로 진행되어 왔는데 이는 요추의 가동범위 측정 및 평가가 요통의 호전 여부를 객관적으로 평가할 수 있는 기본적이고 일반적인 방법으로 알려져 있기 때문이다<sup>3,4)</sup>.

요추 가동 범위를 측정하는 방법으로는 줄자(tape ruler)를 이용하여 피부가 늘어나는 정도를 평가하는 쇼버검사(Schober's test)와 각도계(goniometer), 경사계(inclinometer) 등을 사용하는 방법이 있다. 이 측정 도구를 이용한 방법은 저렴하면서도 사용하기 간편하고 크기가 작아 휴대가 가능하여 어디에서나 요추의 가동범위를 측정할 수 있다는 장점이 있지만 육안으로 눈금을 읽어야 하기 때문에 오차가 발생할 가능성이 높다. 이에 대한 대안으로 요추의 가동범위를 전자경사계(electronic inclinometer)로 측정하였는데 비교적 낮은 검사자 내 신뢰도(intrarater reliability) 및 검사자간 신뢰도(inter-rater reliability)가 보고되었고<sup>5)</sup>, 요추 가동범위 이외의 요추의 운동 평가에는 제한적이다. 방사선 촬영(radiographic method) 및 사체(cadaver)를 이용하여 요추의 운동 및 가동범위를 측정하는 연구가 실시되었지만 방사선 촬영법은 방사선 피폭 등의 이유로 인체에 유해하며 지속적인 활용 시에 환자 및 피험자에게 거부감을 줄 가능성이 있어서 인체의 운동 상태를 평가하기에는 적합하지 않다<sup>6-8)</sup>. 사체를 이용한 연구로 요추의 수동적인 최대 가동범위 측정은 가능하나 살아 있는 생체가 아니기 때문에 살아 있는 인체의 운동 및 능동적인 가동범위를 측정, 분석하는 방법으로는 분명한 한계가 있다. 입체사진측량기법(stereophotogrammetry)을 활용한 요추의 운동 및 가동범위 측정법은 비침습적으로 요추 가동범위를 측정할 수 있으나 실시간으로 인체의 운동을 분석하지 못하는 단점이 있다<sup>9)</sup>.

일차원적인 관절 가동범위와 요통의 상관성보다 요추 관절 운동의 패턴이 요통의 병리적인 인과관계일 수 있다는 연구가 있었다<sup>10)</sup>. 이로 인해 요추의 가동범위 측정뿐만 아니라 요추부의 대칭적이고 정확한 운동을 평가하여 비정상적인 척추운동을 분석하고, 요추의 기능장애 및 요추부 질환에 대한 정확한 이해가 요구되고 있다. 이에 따라 요추의 운동 패턴의 이해 수준에 대한 수요가 점차 발생하고 있다<sup>11)</sup>. 이러한 요구에 동작 분석 시스템인 VICON system(VICON

Motion Systems Ltd, Oxford, United Kingdom)은 인체의 운동을 분석, 근골격계의 운동 및 관절 가동범위를 평가할 수 있다는 장점이 있지만 시스템 설치에 넓은 공간 및 많은 비용이 필요하여 1, 2차 의료기관에서 간편하게 사용할 인체의 운동 평가도구로는 한계가 있다<sup>9)</sup>. 이런 문제점을 보완하기 위해 경제적이고 휴대하기 편리하며 실시간 및 비침습적으로 관절운동범위(range of motion, 이하 ROM)정보를 수집해 인체의 운동을 3차원으로 평가하고 분석할 수 있는 검사도구인 관성측정장치(inertial measurement unit, 이하 IMU)를 이용한 측정 시스템이 제안되어 요추 및 경추 관절 운동 측정 시 활용되었다<sup>12-14)</sup>.

그런데 관성측정장치를 이용한 요추운동 평가를 함에 표준화된 평가시스템이 구축되어 있지 않고, 평가 시스템의 신뢰도에 대해 아직 보고된 바 없다. 따라서 본 연구의 목적은 관성측정장치를 이용하여 요추 운동 평가시스템을 개발하고, 개발된 평가시스템이 만족할 만한 신뢰도를 나타내는지 살펴보는 데 있다. 이를 위해 요통의 과거력이 없는 건강한 20대 남성 19명을 대상으로 관성측정장치를 이용하여 요추가동범위 측정 시 검사 내 반복성과 검사-재검사 신뢰도를 연구하였다. 요통 기능장애 척도(oswestry disability index, 이하 ODI)로 사전 설문을 진행하여 요추에 이상이 없는 피험자를 대상으로 미세전자기계시스템 관성측정장치(microelectromechanical system inertial measurement unit, 이하 MEMS-IMU)를 이용하여 요추의 굴곡, 신전, 측굴, 회전의 움직임을 측정 후, 요추 가동범위 측정과 재측정을 시행하였다.

## II. 대상 및 방법

19명의 건강한 20대 남성을 대상으로 관성측정장치를 부착하고 요추의 굴곡 및 신전, 좌우 측굴 및 좌우 회전 가동범위를 측정하였다. 각 동작은 3회씩 반복하였고, 이 모든 과정이 1회의 검사 과정이며 1시간 간격으로 재검사를 진행하였다(Fig. 1).

### 1. 연구대상

#### 1) 요통 기능장애 척도 설문(ODI questionnaire)

요통 기능장애 척도는 Fairbank et al<sup>15)</sup>에 의해 처음

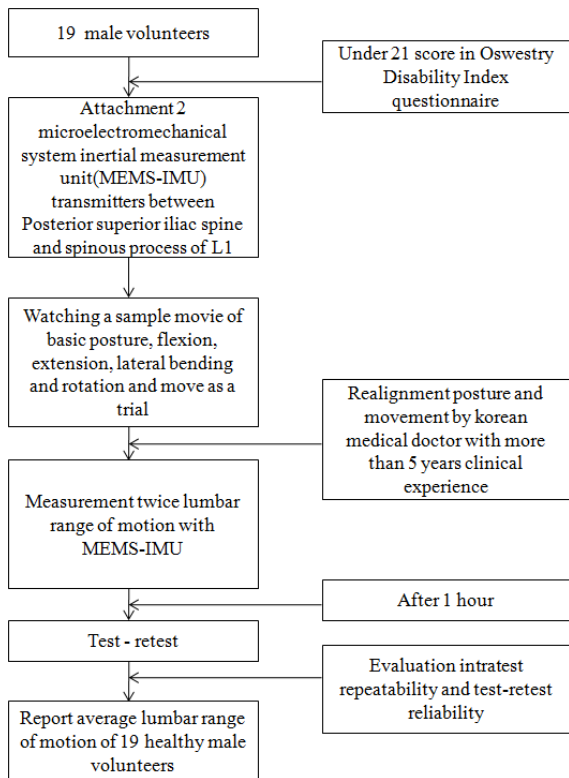


Fig. 1. Depicts the flow chart for the method of a study based on a report of the average lumbar range of motion of 19 healthy volunteers with microelectromechanical system inertial measurement unit

개발되어 척추의 기능장애 평가에 가장 널리 사용된다. 모두 10가지의 문항으로 통증의 정도와 수면, 육체적인 활동에 대한 질문을 포함한다. 한국어 버전에서는 한국인의 생활에 관한 낮은 응답률로 인하여 생활 관련 질문은 제외하고 모두 9문항으로 평가하였다. 한국어 버전 요통 기능장애 척도 설문지의 검사-재검사 신뢰도 급내상관계수 (intraclass correlation coefficient, 이하 ICC)는 0.92이다<sup>16)</sup>.

## 2) 대상자 선정

최근 1개월 이내에 요통이 있거나 요부 운동에 장애가 있는 경우를 포함하여 교통사고를 비롯한 외상, 골절, 급성 염좌(sprain), 요추추간판탈출증(lumbar herniated intervertebral disc), 척추전방전위증(spondylolisthesis), 종양 등으로 인한 요추 가동범위에 제한이 있는 경우는 제외하였다. 또한 요통 기능장애 척도가 21점 이상인 중등도 이상(moderate-disability) 혹은 중증 이상(severe-disability)에 해당하는 경우도 제외하였다. 요통 기능장애

척도 설문 점수상 21점 이하인 이상 없음(no-disability) 혹은 경도의 기능이상(mild-disability)에 해당하는 19명의 건강한 피험자가 연구에 참가하였는데 모두 오른손잡이(right-handed person)였다.

검사자 내 검사-재검사의 반복성 측정을 위하여 검사와 재검사 사이의 간격은 1시간으로 설정하였고, 첫 번째 방문과 두 번째 방문 사이에 요추의 움직임에 영향을 줄 수 있는 과도한 움직임은 제한하였다. 피험자들의 연령은 평균 24.32세(표준편차 1.25)이며 요통 기능장애 척도 평균점수는 1.42(표준편차 1.30)로 피험자는 모두 남자였다.

이 연구는 경희대학교 한방병원 임상시험윤리위원회 (institutional review board, IRB)의 승인을 받았으며, 승인번호는 KOMCIRB-2012-09이다. 시험 방법을 사전에 구두 및 서면으로 설명하고 측정 행위는 서면동의를 받은 후 진행하였다.

## 2. 측정 방법

### 1) 측정기기

본 시험에서 이용한 미세전자기계시스템 관성측정장치는 두 개의 미세전자기계시스템 관성측정장치 트랜스미터(model EBIMU24G, E2BOX, Seoul, South Korea)와 하나의 라디오 프리퀀시 리시버(radio frequency receiver, RFR)(model EBRF24G3CH, E2BOX, Seoul, South Korea)로 구성된다.

트랜스미터의 크기는 32 × 21 × 6.5 mm이며, 질량은 약 7.85 g이다. 정적 정확도(static accuracy)는 0.5°이하, 동적 정확도(dynamic accuracy)는 1.5° 이하, 각해상도는 0.01°이다. 미세전자기계시스템 관성측정장치 트랜스미터는 센서 내부에 설정된 초기상태로부터 현재 상태로의 방향 정보를 사원수의 형식으로 산출하며, 이 사원수 출력은 회전축과 회전 각도를 의미하는 회전 연산자이다. 트랜스미터에서 송출하는 최종 데이터는 각도값이고, 트랜스미터의 프리퀀시(frequency)는 1초당 20 Hz로 설정하였다<sup>4)</sup>(Fig. 2).

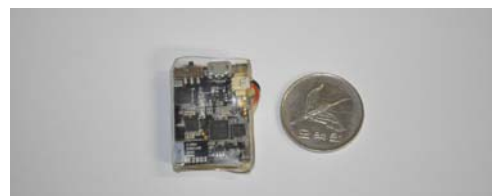


Fig. 2. Microelectromechanical system inertial measurement unit transmitter

라디오 프리퀀시 리시버는 2.4 GHz의 주파수대역을 사용하는 무선 수신기로서 3.3 V TTL serial output을 나타내며 UART(RS232)형식으로 컴퓨터 시스템과 통신을 한다.

2) 측정부위 및 방법

본 시험은 피험자가 서 있는 자세에서 임상경력 5년 이상 근골격계 환자를 진료하는 임상한의사 1인이 L1극돌기(spinous process) 및 양측 후상장골극(posterior superior iliac spine, 이하 PSIS) 중앙점을 측정하고 미세전자기계 시스템 관성측정장치를 스킨테이프(micropore, 3M, Seoul, South Korea)를 이용하여 부착한다. 원활한 양측 후상장골극 측진과 L1 극돌기의 측진을 위하여 상의는 탈의하게 한 후, 하의는 미리 준비한 동일한 반바지로 갈아입게 하였다. 시험자마다 상이한 신발을 착용하여 발생하는 지면과의 마찰력 및 높낮이 차이로 인한 측정오차를 최소화하기 위하여 신발은 모두 벗고 동일한 위생덧신(Yuhan Kimberly, Ltd, Seoul, Korea)을 개인별로 지급하여 착용하게 하였다. 양측 후상장골극 중앙점에 기준이 되는 관성측정장치(기준센서)를 부착하고 L1극돌기에 다른 하나의 관성측정장치(동작센서)를 부착하였다(Fig. 3). 이후에 피험자는 관성측정장치를 테이프로 각각 양측 후상장골극 중앙점과 요추1번 극돌기에 부착한 후, 검사에 관한 설명을 영상으로 시청하였다.

피험자는 시험 시작 전 준비 자세와 요추의 굴곡(flexion),

신전(extension)과 우측 측굴(right lateral bending), 좌측 측굴(left lateral bending), 우측회전(right rotation), 좌측회전(left rotation) 동작에 관한 자세한 설명을 포함한 영상을 시청하였다(Fig. 4). 1인의 시험자가 미세전자기계 시스템 관성측정장치 트랜스미터를 피험자에게 부착시킨 후 피험자에게 검사에 관한 설명 영상을 시청하도록 지시하였고 다른 1인의 시험자는 LabVIEW 2010(National Instruments Inc, Austin, TX, USA)이 지원되는 컴퓨터로 전송된 각도값 데이터를 확인하였다.



Fig. 3. Photograph of 2 microelectromechanical system inertial measurement unit transmitters attachment locations L1 spinous process and between posterior superior iliac spine.

Table 1. Evaluation Circumstances

Space	Indoor space(5×5 m)
Environment	2 microelectromechanical system inertial measurement unit transmitters
	1 radio frequency receiver
	1 computer with LabVIEW to receive data
	1 computer for watching a sample movie
	1 pair of slippers
2 staff members	1 pair of trousers
	1 staff for information process
	1 staff for attachment transmitters to subjects and alignment motion of subjects
Aid for assessment tool	Oswestry disability index questionnaire
	A sample movie (basic posture, flexion, extension, lateral bending and rotation)
	A script of verbal order

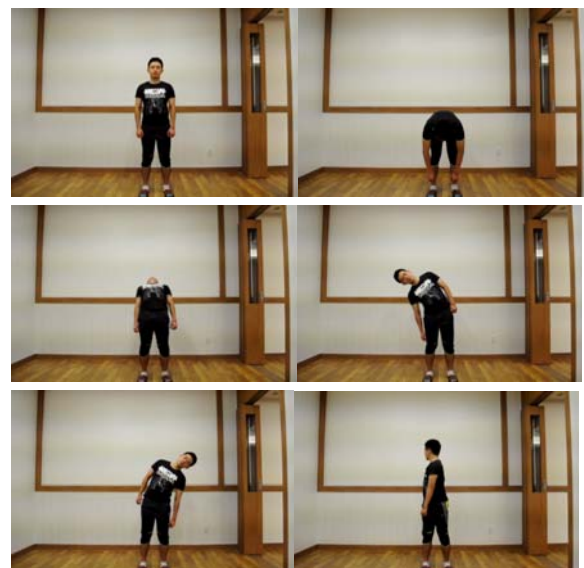


Fig. 4. A screenshot of basic posture, flexion, extension, right lateral bending, left lateral bending and right rotation movement from the sample movie

본 시험은 5×5m의 실내 공간에서 진행하였고 두 개의 미세전자기계시스템 관성측정장치 트랜스미터, 하나의 라디오 프리퀀시 리시버가 지원되는 환경에서 시행되었다 (Table 1). 시험자는 피험자가 영상을 보고 동일하게 동작하도록 지시하였다. 피험자가 사전에 보는 영상은 두 부분으로 나뉘는데 앞부분은 연습동작으로 굴곡 및 신전, 측굴 및 회전을 시험삼아 영상을 보면서 따라할 수 있도록 제작하였다. 뒷부분은 실제 임상검사에 임할 때 참고하는 영상으로 제작하였다. 첫 번째 시험(검사)에서는 두 부분 모두를 시청하여 시험에 임하였고, 두 번째 시험(재검사)시작 전 시험자가 간략하게 동작을 상기시켜 주고 영상의 두 부분 중 뒷부분만 시청하면서 실제 임상검사에 임하도록 하였다.

첫 번째 설명 영상을 시청하고 두 번째 설명 영상을 보기 전에 임상 한의사 1인이 피험자가 영상과 상이한 동작을 하거나 피험자의 양측 족저부가 바닥에서 떨어지는 경우, 혹은 신전 동작 시에 슬관절 굴곡이 일어나는 경우 등을 지적하고 시정하게 하여 검사자 내 신뢰도가 높은 수준으로 유지되도록 하였다. 이후에 피험자는 영상을 다시 보면서 첫 번째 시험측정에 임하였다. 피험자는 차례로 굴곡, 신전과 우측 측굴, 좌측 측굴, 우측회전, 좌측회전 동작을 영상과 동일하게 3회씩 반복 시행하였다. 이 모든 과정이 1회의 검사 과정이며 1시간 간격으로 재검사를 진행하였다. 1시간 후 재검사를 진행할 때는 연습 동작 없이 영상을 시청하면

서 각 동작을 3회씩 반복하였다.

### 3. 통계분석

#### 1) 데이터 분석순서

관성측정장치 트랜스미터에서 출력되는 정보는 측정을 시작한 초기상태부터 운동 완료 상태까지의 회전 방향 (orientation)정보이다. 벡터의 위치로부터 운동 완료 상태까지의 각도값을 산출하게 된다. 본 시험에서는 2개의 트랜스미터를 사용하였으므로 요추1번 극돌기에 부착된 동작 센서에서 양측 후상장골극 중앙점에 부착된 기준센서의 값을 제하여 보정해야 한다. 첫 번째 운동은 지시된 움직임에 익숙하지 않다는 가정 하에 두 번째 운동과 세 번째 운동을 연구대상으로 삼았다.

#### 2) 데이터 분석도구 및 방법

두 관성측정장치에서 송출하는 각도 데이터값은 LabVIEW 2010을 이용하여 수집하였으며, 급내상관계수는 SPSS Statistics 19(SPSS, Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하여 계산하였고, 관성측정장치의 최종 데이터인 각도 값은 MATLAB 7.1(MathWorks, Natick, MA, USA)과 MS Excel 2010(Microsoft, Redmond, WA, USA)등을 사용하

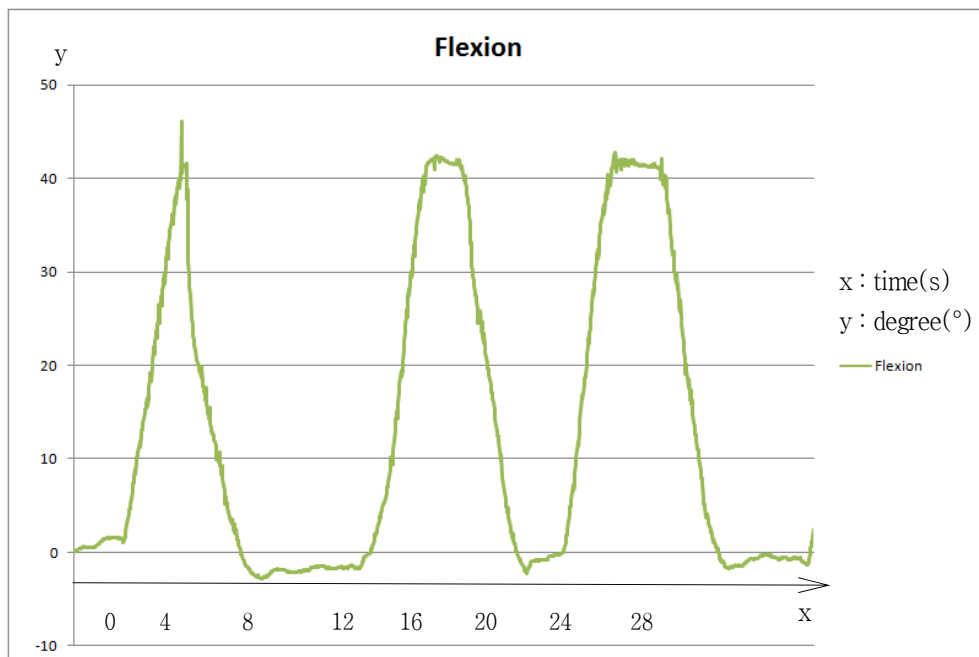


Fig. 5. A sample graph of a lumbar flexion movement  
Green line symbolizes lumbar flexion movement. Each volunteer performed the flexion movement 3 times.

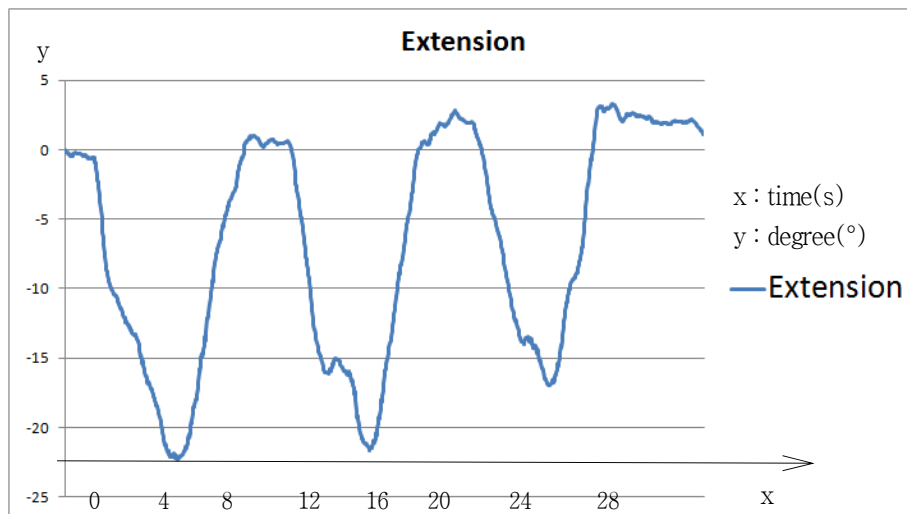


Fig. 6. A sample graph of a lumbar extension movement  
Blue line symbolizes a lumbar extension movement.  
Each volunteer performed the extension movement 3 times.

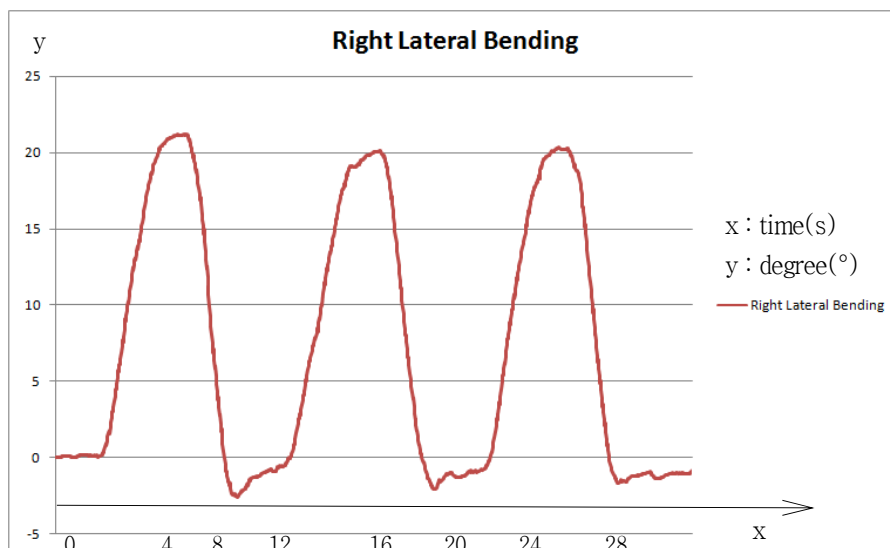


Fig. 7. A sample graph of a right lateral bending movement of lumbar  
Red line symbolizes right lateral bending movement.  
Each volunteer performed the right lateral bending movement 3 times.

여 처리하였다.

본 시스템에 사용된 미세전자기계시스템 트랜스미터의 경우에는 상술하였듯이 방향(orientation)정보를 바탕으로 회전한 값을 관절의 해당 평면 회전값, 즉 절대 각도값으로 표현하였다. 수치화된 각도는 x, y, z축 각 방향으로 얻어진 절대 각도값이 실시간으로 MS Excel에 기록되는데 x축은 시상면을 나타내고 x축의 양의 값은 굴곡, 음의 값은 신전의 각도값으로 나타난다. Y축은 가로면으로 나타내고

y축의 양의 값은 우측 회전, 음의 값은 좌측 회전 각도값을 표현한다. Z축은 관상면으로 양의 값은 우측 측굴, 음의 값은 좌측 측굴을 나타낸다. 굴곡 동작을 3회 반복할 때 요추 굴곡 각도 값의 그래프는 다음과 같다(Fig. 5). 신전 동작의 그래프는 다음과 같다(Fig. 6). 역시 우측 측굴 및 좌측 측굴을 3회 반복하는 동안 실시간으로 발생하는 회전 각도를 그래프로 환산하면 다음과 같다(Fig. 7, 8).

그래프로 표시된 굴곡 및 신전, 측굴 및 회전 동작의 최

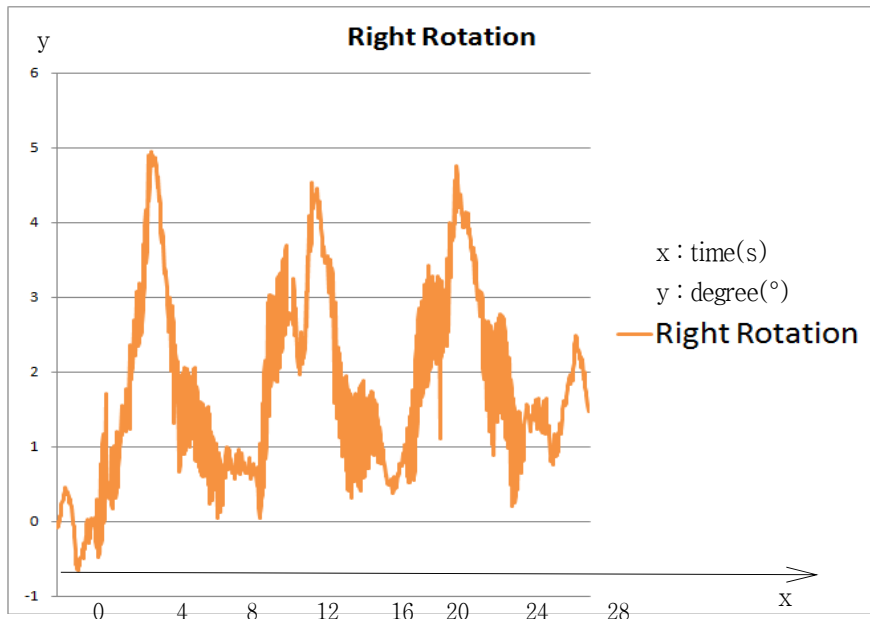


Fig. 8. A sample graph of right rotation movement of lumbar. Orange line symbolizes right rotation movement. Each volunteer performed the right rotation movement 3 times

댓값을 찾아 두 번째 세 번째 반복 동작을 비교하고, 검사 1시간 이후 재검사의 관절가동범위를 비교하였다.

### 3) 급내상관계수를 이용한 신뢰도 분석

본 시험의 신뢰도 분석은 반복성 및 검사-재검사에서 신뢰도 분석에 사용되는 급내상관계수를 이용하였다. 비교적 짧은 시간 동안 3회 반복하는 동작에서 두 번째, 세 번째 요추의 관절가동범위 값을 서로 비교하여 급내상관계수<sub>(2,1)</sub>의 일치도(agreement)를 구하였고, 1시간 이전에 두 번째, 세 번째 관절가동범위 평균값과 1시간 이후의 두 번째 세 번째 동작의 관절가동범위 평균값으로 급내상관계수<sub>(2,2)</sub>의 일치도로 검사-재검사 신뢰도를 평가하였다<sup>17)</sup>.

## III. 결 과

### 1. 요추의 가동범위

19인의 피험자들을 대상으로 요추의 가동범위 값에 대한 결과 값을 Table 2에 나타내었다. 19인을 대상으로 한 첫 번째 시험(first experiment)에서 굴곡운동은 평균 41.75°, 신전운동은 평균 -15.40°로 나타났고 우측 측굴, 좌측 측굴운동은 평균 16.39°, 13.67°로 나타났다. 우측 회

전, 좌측 회전은 평균 -2.93°, 0.04°로 나타났다. 신전 및 좌측 측굴, 좌측 회전은 음의 값으로 나타나는 데 이는 좌측 방향을 나타낸다.

### 2. 급내상관계수

첫 번째 시험의 검사 내 반복성에서 굴곡의 급내상관계수<sub>(2,1)</sub>값은 1.00, 1시간 후에 시행한 두 번째 시험(second experiment)에서 굴곡의 급내상관계수<sub>(2,1)</sub>값은 1.00로 나타났다. 1시간 간격을 둔 첫 시험과 두 번째 시험간 검사-재검사의 신뢰도 산출에서 굴곡의 급내상관계수<sub>(2,2)</sub>값은 0.71이다. 동일한 방법으로 신전의 검사 내 반복성 급내상관계수<sub>(2,1)</sub>값은 각각 0.99, 0.99이고 검사-재검사 신뢰도 값은 0.61이며 우측 측굴의 검사 내 반복성 급내상관계수<sub>(2,1)</sub>값은 각각 0.96, 0.95, 검사-재검사의 신뢰도에서 급내상관계수<sub>(2,2)</sub>값은 0.84이다. 좌측 측굴의 검사 내 반복성 급내상관계수<sub>(2,1)</sub>값은 각각 0.99, 0.99, 검사-재검사의 신뢰도에서 급내상관계수<sub>(2,2)</sub>값은 0.90이고, 우측 회전의 검사 내 반복성 급내상관계수<sub>(2,1)</sub>값은 각각 0.98, 0.97 검사-재검사의 신뢰도에서 급내상관계수<sub>(2,2)</sub>값은 0.92이다. 좌측 회전의 검사 내 반복성 급내상관계수<sub>(2,1)</sub>값은 각각 0.95, 0.97이며, 재검사의 신뢰도에서 급내상관계수<sub>(2,2)</sub>값은 0.87이다(Table 2).

Table 2. Lumbar Range of Motion and Reliability

Motion	First Experiment			Second Experiment			Comparison between the first experiment and second experiment		
	M (SD)	ICC (2,1) <sup>a</sup>	95 % CI	M (SD)	ICC (2,1) <sup>a</sup>	95 % CI	M (SD)	ICC (2,2) <sup>b</sup>	95 % CI
Flexion	41.75 (7.70)	1.00	0.99~1.00	41.15 (8.33)	1.00	1.00-1.00	41.45 (7.92)	0.71	0.24~0.89
Extension	-15.40 (6.26)	0.99	0.97~1.00	-17.28 (7.66)	0.99	0.98-1.00	-16.34 (7.03)	0.61	0.00~0.85
Right Bending	16.39 (3.14)	0.96	0.89~0.98	16.42 (3.72)	0.95	0.86~0.98	16.41 (3.36)	0.84	0.58~0.94
Left Bending	-13.67 (3.99)	0.99	0.99~1.00	-13.60 (3.65)	0.99	0.96~0.99	-13.63 (3.81)	0.90	0.73~0.96
Right Rotation	-2.93 (3.06)	0.98	0.95~0.99	-2.00 (3.98)	0.97	0.92~0.99	-2.47 (3.53)	0.92	0.77~0.97
Left Rotation	0.04 (3.92)	0.95	0.88~0.98	-1.27 (4.51)	0.97	0.91~0.99	-0.61 (4.19)	0.87	0.65~0.95

M : mean(°). SD: standard deviation(°).  
 ICC : intraclass correlation coefficient. CI: confidence interval.  
 a : intratest repeatability, ICC(2,1), agreement.  
 b : test-retest reliability between 1 hour, ICC(2,2), agreement.  
 The second experiment was carried out after 1 hour.

#### IV. 고 찰

미세전자계측시스템 관성측정장치로 구성된 관성측정장치를 이용한 요추 동작 평가에 선행하여 요추관절 가동범위 측정의 반복성 및 검사-재검사 신뢰도를 연구하였다.

일차원적인 관절 가동범위 측정으로 요통의 호전 여부를 평가하는 과거의 평가도구에 비해 관성측정장치를 이용한 요추운동 평가시스템은 요추의 운동을 실시간으로 측정하고 분석, 평가할 수 있다는 장점이 있다. 관성측정장치를 이용한 요추 관절 운동의 패턴분석은 현재 통증을 호소하지 않지만 추후에 통증을 유발할 잠재적인 가능성이 있는 상태를 파악할 수 있다<sup>11)</sup>. 요통의 범주에서도 한의학에서 말하는 질병 이전의 단계 즉, ‘미병’ 상태를 진단, 분류하여 질환에 이환되기 전 생활습관 지도 및 운동처방에 유용하게 사용할 수 있다.

본 연구의 평가 환경으로는 5×5 m의 실내공간에서 진행되었는데 공간적인 환경을 명시한 이유는 관성측정장치 트랜스미터와 라디오 프리퀀시 리시버 간의 원활한 송수신 환경을 위함이다. 트랜스미터와 리시버 간의 거리가 5 m 이상인 경우에는 데이터 손실이 발생할 수 있으므로 5×5 m 이내의 실내 환경에서 연구를 수행하는 것이 타당하다. 또

한 모든 피험자에게 위생 덧신을 신게 하였는데 피험자가 맨발로 시험에 임하게 될 경우 차가운 지면과의 접촉으로 근육이 수축하여 소극적으로 참여할 가능성을 줄이고, 요추의 동작 평가 시스템 구축에 피험자의 족저부를 통제하여 마찰력을 동일하게 유지함으로써 일관성 있게 시험에 참여하도록 하기 위함이다. 이후에 위생 덧신을 착용하고 시험에 임한 경우와 맨발로 시험에 참여한 경우를 비교하는 연구가 필요하겠다.

초기 시험 설계과정에서 시험자가 피험자에게 구두 지시를 기술했으나 사전 시험 결과 다양한 편이들이 발생하여 시범동작 및 구두 지시를 녹화 및 녹음하여 피험자에게 영상으로 지시하였다. 지시사항에서 굴곡동작을 연속적으로 3회 시행토록 하였는데 요추의 운동 평가를 위해서는 굴곡 및 신전, 좌우측 측굴, 좌우측 회전처럼 연결되는 동작을 한 단위로 결합하여 피험자에게 지시하면 보다 연속적인 동작을 파악하여 요추 운동 평가에 유리했을 것으로 사료된다. 검사에 앞서 기본자세는 해부학적 기본자세를 바탕으로 근골격계 환자의 임상경력 5년 이상인 한의사 3인이 텔파이 기법으로 도출하였다. 굴곡 및 신전, 좌측 측굴 및 우측 측굴, 좌측 회전 및 우측 회전 동작 이전에 영상을 보면서 기본자세를 취한 후 각 동작을 수행할 것을 지시하였다. 영상을 보면서 피험자가 기본자세 및 각 동작을 수행할



때 영상과 다르면 1인의 시험자가 잘못된 동작을 지적하고 다시 수행할 것을 지시하였다.

관성측정장치 트랜스미터를 각 부위에 스킨테이프를 부착하였는데 기존 관성측정장치를 이용한 가동범위 측정 연구<sup>12-14)</sup>에서는 트랜스미터와 끈(velcro strap)을 접착하여 끈으로 인체 부착 부위에 고정하여 측정하였다. 초기 시험 설계에서는 사전 논의에서 끈으로 고정하여 측정하는 방법을 채택하였으나 사전시험 중 끈으로 연결된 트랜스미터로 인체에 고정할 경우 피험자에 따라 상이한 인체 근육 발달로 트랜스미터와 인체 부착 부위 사이에 공간이 발생하여 정밀한 측정이 이루어 지지 않을 가능성이 있었다. 또한 피부가 상대적으로 부드러운 피험자나 땀이 많은 피험자, 체모가 많은 피험자 등 피험자의 다양한 피부환경으로 반복적인 굴곡 및 신전에서 끈이 고정되지 않고 위아래로 움직이는 등 트랜스미터의 위치가 동일하게 유지되지 않는 상황이 발생하여 스킨테이프를 부착하였다. 이후에 본 관성측정장치로 다양한 관절 운동을 평가를 하기 위해서는 인체의 운동을 제한하지 않는 범위 내에서 각 관절 및 인체 부위마다 트랜스미터를 적절하게 부착하는 방법을 개발할 필요성이 있다.

검사 내 반복성의 급내상관계수<sub>(2,1)</sub>는 모두 0.95 이상으로 뛰어난(excellent) 반복성을 나타내었다. 1시간 간격을 둔 두 번째 시험에서 검사 내 반복성 급내상관계수<sub>(2,1)</sub>는 모두 0.95 이상으로 역시 뛰어난(excellent) 반복성을 나타내었다. CA-6000 Spine Motion Analyzer(Orthopedic Systems, Inc, California, USA)장치로 요추의 최대 가동범위 측정이 가능하지만 장비를 인체에 부착하고 유선의 장비로 정보를 컴퓨터에 송신하기 때문에 일정 범위 내의 제한적인 움직임만을 분석할 수 있는 한계점이 있다. 반면 미세전자기계시스템 관성측정장치는 무선의 장비로 정지상태의 운동뿐 아니라 보행분석 등 평면적인 운동만 아니라 일정한 범위 내에서 공간적인 운동을 실시간으로 분석할 수 있는 장점이 있다. 검사 내 반복성 역시 기존의 OSI CA6000 Spine Motion Analyzer(Orthopedic Systems, Inc, California, USA)<sup>18)</sup>를 이용한 급내상관계수<sub>(2,1)</sub>(consistency, 0.87~0.96) 등과 비교하여도 본 시험에서는 높은 수준의 급내상관계수<sub>(2,1)</sub>(absolute agreement, 0.95~1.00)값을 구현하였다.

검사-재검사 역시 첫 시험과 1시간 후의 두 번째 시험에서 굴곡과 신전은 각각 급내상관계수<sub>(2,2)</sub>가 0.71, 0.61를 나타내었는데 상당히 유효한 신뢰도(fair to good reliability) 범위 안에 포함되며, 이를 제외하면 모두 0.84 이상을 상회한 신뢰도를 나타냈다. 검사 내 반복성은 상당히 높은 신뢰수준(급내상관계수<sub>(2,1)</sub>(absolute agreement, 0.95~

1.00)을 나타내었지만 검사-재검사 신뢰도는 이보다 약간 낮은 수치(급내상관계수<sub>(2,2)</sub>(absolute agreement, 0.61~0.92))를 나타내었는데 요추의 반복적인 스트레칭이나 굴곡 신전을 하게 되는 경우 가동범위가 변화할 수 있다<sup>9)</sup>. 첫 번째 시험 이전에 영상을 보고 동작을 따라한 후 첫 번째 시험에 임하여 충분한 스트레칭으로 요추의 유연성이 증대될 것으로 추측된다.

첫 번째 시험 굴곡 평균값이 41.75°에서 두 번째 시험 굴곡 평균값 41.15°로 0.6° 차이가 나고 첫 번째 시험 신전 평균값은 15.40°에서 두 번째 시험 신전 평균값은 17.28°로 약 2°차이가 발생하였다.

첫 번째, 두 번째 시험 우측 측굴각은 각각 16.39°, 16.42°로 평균 16.41°을 기록하였고 첫 번째, 두 번째 시험 좌측 측굴각은 각각 13.67°, 13.60°로 평균 13.63°을 기록하여 좌우측 측굴 평균값 차이가 3° 발생하였다. 요추의 좌우측 측굴은 오른손잡이인 피험자들이 우측 상지 근육의 발달 및 과사용으로 우측 상지 가동범위가 좌측 상지의 가동범위보다 뛰어날 것으로 기대된다. 오른손잡이인 사람은 기능성 측만증이 나타나는데 대부분 흉추 우측 만곡과 요추 좌측 만곡이며, 좌측 어깨가 거상되어 있고, 우측 골반이 약간 높다고 하였다<sup>20)</sup>. 우측 골반이 높은 자세로 인해 좌측 측굴과 우측 회전이 제한되는 경우가 발생한다는 결과 보고가 있었고<sup>11)</sup>, 이로 인해 일부 기능적인 흉추 우측 만곡이 오른손잡이의 우측 측굴 가동범위가 좌측 측굴보다 미세하게 큰 값을 가질 수 있는데 추후에 많은 수의 피험자를 모집한 연구가 더 필요하다.

요추의 회전값은 인체의 축회전에서는 흉추에서 많이 일어나고 요추의 회전값이 상대적으로 적기 때문에 일치도(absolute agreement)는 높지만 평균값이 차이가 발생할 수 있다. 요추에서 굴곡 신전운동보다 회전 운동은 불완전한 운동이고 요통을 유발시키는 운동이기도 하다<sup>21)</sup>. 트랜스미터의 프리퀀시는 초당 20 Hz인데 요추의 회전운동 값은 약 5°이내에서 미세하게 변화하므로 다른 운동(굴곡 및 신전, 측굴)그래프에 비해 요추의 회전 시 발생하는 각도값은 비교적 불규칙한 그래프로 나타난다(Fig. 8).

본 연구는 관성측정장치를 이용한 요추의 동작 평가 시스템 구축에 있어 검사-재검사 신뢰도에 관한 연구이다. 향후 건강인을 대상으로 한 이번 시험은 건강한 20대 성인 남성 19인의 요추 가동범위를 관찰하였다. 미세전자기계시스템 관성측정장치로 연령별, 성별 건강인의 요추 가동범위를 관찰하고 연령별, 성별 요추가동범위에 대한 기존 연구<sup>17)</sup>와 비교하는 연구 및 건강인의 운동 평가 연구가 선행되어야 한다. 이후에 요통을 호소하는 환자군을 대상으로 연령별, 성별 운동 평가 및 요추 가동범위를 비교하는 연구

역시 필요하다.

## V. 결 론

본 연구에서는 관성측정장치를 이용하여 요추 가동범위 평가 시스템을 구축하고, 19명의 건강한 남성을 대상으로 관성측정장치를 이용하여 굴곡, 신전 및 좌우 측굴 시 운동 각도를 30초 간격, 1시간 간격으로 각각 산출하였다. 굴곡 운동은 평균 41.45°, 신전운동은 평균 -16.34°로 나타났고 우측 측굴, 좌측 측굴 운동은 평균 16.41°, -13.63°로 나타났다. 우측 회전, 좌측 회전은 평균 -2.47°, -0.61°로 나타났다. 이후 본 평가시스템이 만족할 만한 신뢰도를 나타내는지 급내상관계수로 살펴보았다. 요추가동범위를 측정할 도구로 사용하기 위한 검증을 위해 관성측정장치의 반복성, 검사-재검사 신뢰도 연구를 시행하였다. 그 결과 요추가동범위 측정의 검사 내 반복성은 급내상관계수<sub>(2,1)</sub> 0.95~1.00, 검사-재검사 신뢰도는 급내상관계수<sub>(2,2)</sub> 0.61~0.92로 높은 수준을 구현하여 뛰어난 반복성을 나타내었다. 따라서 관성측정장치를 이용한 요추 가동범위 평가 시스템은 비교적 경제적이면서도 뛰어난 반복성으로 요추가동범위 측정을 위한 도구로 도입이 가능하다.

## VI. References

1. Neuman DA. Kinesiology of the musculoskeletal system. Seoul : Jungdam media. 2010 : 3-26.
2. Kim H, Shin SH, Kim JK, Park YJ, Oh HS, Park YB. Cervical coupling motion characteristics in healthy people using a wireless inertial measurement unit. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine. 2013 ; art. no. 570428.
3. Klein AB, Snyder-Mackler L, Roy SH, DeLuca CJ. Comparison of spinal mobility and isometric trunk extensor forces with electromyographic spectral analysis in identifying low back pain. Phys Ther. 1991 ; 71 : 445-54.
4. Mayer TG, Tencer AF, Kristoferson S, Mooney V. Use of noninvasive techniques for quantification of spinal range-of-motion in normal subjects and chronic low back dysfunction patients. Spine. 1984 ; 9(6) : 588-95.
5. Hunt DG, Zuberbier OA, Kozlowski AJ et al. Reliability of the lumbar flexion, lumbar extension, and passive straight leg raise test in normal populations embedded within a complete physical examination. Spine. 2001 ; 26(24) : 2714-8.
6. White AA, 3rd, Panjabi MM. The basic kinematics of the human spine: A review of past and current knowledge. Spine. 1978 ; 3(1) : 12-20.
7. Panjabi MM, Oxland TR, Yamamoto I et al. Mechanical behavior of the human lumbar and lumbosacral spine as shown by three-dimensional load-displacement curves. J Bone Joint Surg Am. 1994 ; 76A : 413-24.
8. Barthes X, Walter B, Zeller R et al. Biomechanical behaviour in vitro of the spine and lumbosacral junction. Surg Radiol Anat. 1999 ; 21(6) : 377-81.
9. Tojima M, Ogata N, Yozu A, Sumitani M, Haga N. Novel 3-dimensional motion analysis method for measuring the lumbar spine range of motion. Spine. 2013 ; 38(21) : E1327-33.
10. Hindle RJ, Pearcy MJ, Cross AT et al. Three-dimensional kinematics of the human back. Clin Biomech. 1990 ; 5(4) : 218-28.
11. Al-Eisa E, Egan D, Deluzio K, Wassersug R. Effects of pelvic skeletal asymmetry on trunk movement: Three-dimensional analysis in healthy individuals versus patients with mechanical low back pain. Spine. 2006 ; 31(3) : E71-9.
12. Jeong WH, Jee HM, Park JH. Real-time 3-Dimensional Measurement of Lumbar Spine Range of Motion using a Wireless Sensor. Journal of Institute of Control, Robotics and Systems. Journal of Control, Automation, and Systems Engineering. 2012 ; 18(8) : 713-8.
13. Ha TH, Saber-Sheikh K, Moore AP, Jones MP. Measurement of lumbar spinal posture and motion using inertial sensors-A protocol validity study. Manual Therapy. 2013 ; 18(1) : 87-91.
14. Kim HH, Kim KW, Park JM et al. Test-retest Reliability and Intratest Repeatability of Measuring Cervical Range of Motion Using Inertial Measurement Unit. The Acupuncture. 2013 ; 30(4) : 25-33.

15. Fairbank JC, Couper J, Davies JB et al. The Oswestry low back pain disability questionnaire. *Physiotherapy*. 1980 ; 66(8) : 271-3.
16. Kim DY, Lee SH, Lee HY et al. Validation of the Korean Version of the Oswestry Disability Index. *Spine*. 2005 ; 30(5) : E123-7.
17. Pinsault N, Vuillerme N. Test-retest reliability of centre of foot pressure measures to assess postural control during unperturbed stance. *Med Eng Phys*. 2009 ; 31(2) : 276-86.
18. Schuit D, Petersen C, Johnson R, Levine P, Knecht H, Goldberg D. Validity and reliability of measures obtained from the OSI CA-6000 Spine Motion Analyzer for lumbar spinal motion. *Manual Therapy*. 1997 ; 2(4) : 206-15.
19. Dvořák J, Vajda EG, Grob D, Panjabi MM. Normal motion of the lumbar spine as related to age and gender. *European Spine Journal*. 1995 ; 4(1) : 18-23.
20. Kendall FP, Kendall EM, Provance PG. *Muscles: testing and function with posture and pain*. Seoul : Pureunsol. 2001 : 81-9.
21. Marras WS, Lavender SA, Leurgans SE et al. The role of dynamic three dimensional trunk motion in occupationally related low back disorders: the effects of workplace factors, trunk position, and trunk motion characteristics on risk injury. *Spine*. 1993 ; 18(5) : 617-28.

Appendix. Evaluation Environment  
 임상 검사 안내 설명문

연 습 동 작	<p><b>1) 사전 동작 설명</b></p> <p>검사에 대한 설명을 드리겠습니다. 동작은 크게 세 가지입니다.                  첫 번째 동작은 허리를 이용하여 상체를 앞으로 숙였다가 다시 뒤로 기울이는 동작입니다.                  두 번째 동작은 상체를 오른쪽 측면으로 기울였다가, 다시 상체를 왼쪽 측면으로 기울이는 동작입니다.                  세 번째 동작은 오른쪽으로 상체 전체를 회전시키는 동작과 왼쪽으로 상체 전체를 회전시키는 동작입니다.                  세 번째 동작이 끝나면 모든 과정이 종료 됩니다. 이 과정을 3회 반복하겠습니다. 동작을 할 때 평소대로 하면 됩니다. 동작이 너무 빠를 필요도, 느릴 필요도 없습니다. 대신 본인이 할 수 있는 최대의 범위로 움직이면 됩니다.</p>
	<p><b>2) 연습동작 설명</b></p>
	<p><b>① 기본자세 설명</b></p> <p>영상을 보면서 동작을 따라해 보겠습니다.                  시선은 정면을 바라보고 두발을 어깨 너비보다 약간 좁게 섭니다. 양 팔은 가지런히 해서 주먹을 가볍게 쥐고 양손 엄지가 양 쪽 허벅지에 가볍게 닿도록 합니다.</p>
	<p><b>② 굴곡 동작 설명</b></p> <p>첫 번째 동작을 시작하겠습니다. 허리를 이용하여 상체를 앞으로 숙이는 동작입니다. 몸을 숙일 때 팔에 힘을 빼고 자연스럽게 늘어뜨리면 됩니다. 팔을 몸에 붙이지 말고 숙이는 동작과 함께 팔이 자연스럽게 내려가도록 합니다. 시선은 상체를 숙임과 동시에 자연스럽게 바닥을 봅니다. 양 발은 지면에서 떨어지지 않도록 주의합니다. 천천히 숫자 4를 셀 때까지 숙이고, 8을 셀 때까지 제자리로 오면 됩니다. 하나, 둘, 셋, 넷, 다섯, 여섯, 일곱, 여덟(검사자는 숫자를 1.5초 간격으로 센다).</p>
	<p><b>③ 신전 동작 설명</b></p> <p>다음은 상체를 뒤로 기울이는 동작입니다. 허리를 양쪽 손으로 잡고 말고 할 수 있는 만큼만 뒤로 기울입니다. 팔은 몸에 붙이지 말고 자연스럽게 늘어뜨리면 됩니다. 시선은 몸을 뒤로 젖힘과 같이 천장을 봅니다. 양 발은 지면에서 떨어지지 않도록 주의합니다. 천천히 숫자 4를 셀 때까지 숙이고, 8을 셀 때까지 제자리로 오면 됩니다. 세 번 반복하겠습니다. 하나, 둘, 셋, 넷, 다섯, 여섯, 일곱, 여덟(검사자는 숫자를 1.5초 간격으로 센다).</p>
	<p><b>④ 우측 측굴 동작 설명</b></p> <p>두 번째 동작을 시작하겠습니다. 동작은 상체를 오른쪽 측면으로 기울였다가, 다시 상체를 왼쪽측면으로 기울이는 동작입니다. 오른쪽 측면으로 기울일 때 팔도 자연스럽게 따라서 내려가도록 합니다. 시선은 정면을 바라봅니다. 양발은 지면에서 떨어지지 않도록 주의합니다. 천천히 숫자 4를 셀 때까지 숙이고, 8을 셀 때까지 제자리로 오면 됩니다. 세 번 반복하겠습니다. 하나, 둘, 셋, 넷, 다섯, 여섯, 일곱, 여덟(검사자는 숫자를 1.5초 간격으로 센다).</p>
	<p><b>⑤ 좌측 측굴 동작 설명</b></p> <p>다음은 상체를 왼쪽 측면으로 기울이는 동작입니다. 역시 팔을 몸에 붙이지 말고 기울일 때 자연스럽게 따라서 내려가도록 합니다. 시선은 정면을 바라봅니다. 양발은 지면에서 떨어지지 않도록 주의합니다. 천천히 숫자 4를 셀 때 까지 숙이시고, 8을 셀 때까지 제자리로 오시면 됩니다. 세 번 반복하겠습니다. 하나, 둘, 셋, 넷, 다섯, 여섯, 일곱, 여덟(검사자는 숫자를 1.5초 간격으로 센다.)</p>
	<p><b>⑥ 우측 회전 동작 설명</b></p> <p>세 번째 동작을 시작하겠습니다. 오른쪽으로 상체 전체를 회전시키는 동작과 왼쪽으로 상체 전체를 회전시키는 동작입니다. 먼저 오른쪽으로 상체를 회전시킵니다. 두 발이 지면에서 떨어지지 않도록 하고 팔을 몸에 붙이지 말고, 팔이 지나치게 흔들리지 않도록 회전시킵니다. 시선은 몸이 돌아가는 방향의 정면을 봅니다. 양발은 지면에서 떨어지지 않도록 주의합니다. 천천히 숫자 4를 셀 때까지 숙이고, 8을 셀 때까지 제자리로 오면 됩니다. 하나, 둘, 셋, 넷, 다섯, 여섯, 일곱, 여덟(검사자는 숫자를 1.5초 간격으로 센다.)</p>

	<p><b>⑦ 좌측 회전 동작 설명</b></p> <p>다음은 왼쪽으로 상체 전체를 회전시키는 동작입니다. 역시 팔을 몸에 붙이지 말되, 팔이 지나치게 흔들리지 않도록 회전시킵니다. 시선은 몸이 돌아가는 방향의 정면을 봅니다. 양발은 지면에서 떨어지지 않도록 주의합니다. 천천히 숫자 4를 셀 때까지 숙이고, 8을 셀 때까지 제자리로 오면 됩니다. 하나, 둘, 셋, 넷, 다섯, 여섯, 일곱, 여덟(검사자는 숫자를 1.5초 간격으로 센다). 세 번 반복하겠습니다.</p>
<p>임 상 검 사</p>	<p><b>3) 임상검사</b></p>
	<p><b>① 기본자세 설명</b></p>
	<p>검사를 시작하겠습니다. 시선은 정면을 바라보고 두 발을 어깨 너비보다 약간 좁게 벌립니다. 양팔은 가지런히 해서 주먹을 가볍게 쥐고 양손 엄지가 양쪽 허벅지에 가볍게 닿도록 합니다.</p>
	<p><b>② 굴곡 동작 설명</b></p>
	<p>첫 번째 동작을 시작하겠습니다. 허리를 이용하여 상체를 앞으로 숙이는 동작입니다. 몸을 숙일 때 팔에 힘을 빼고 자연스럽게 늘어뜨리면 됩니다. 팔을 몸에 붙이지 말고 숙이는 동작과 함께 팔이 자연스럽게 내려가도록 합니다. 시선은 상체를 숙임과 동시에 자연스럽게 바닥을 봅니다. 양발은 지면에서 떨어지지 않도록 주의합니다. 천천히 숫자 4를 셀 때까지 숙이고, 8을 셀 때까지 제자리로 오면 됩니다. 시작하겠습니다. 하나, 둘, 셋, 넷, 다섯, 여섯, 일곱, 여덟(검사자는 숫자를 1.5초 간격으로 센다. 검사자는 매 동작 전후 센서가 부착 부위에서 떨어지거나 움직였는지 확인한다).</p>
	<p><b>③ 신전 동작 설명</b></p>
	<p>다음은 상체를 뒤로 기울이는 동작입니다. 허리를 양쪽 손으로 잡지 말고 할 수 있는 만큼만 뒤로 기울입니다. 팔은 몸에 붙이지 말고 자연스럽게 늘어뜨리면 됩니다. 시선은 몸을 뒤로 젖힘과 같이 천장을 봅니다. 양발은 지면에서 떨어지지 않도록 주의합니다. 천천히 숫자 4를 셀 때까지 숙이고, 8을 셀 때까지 제자리로 오면 됩니다. 세 번 반복하겠습니다. 하나, 둘, 셋, 넷, 다섯, 여섯, 일곱, 여덟(검사자는 숫자를 1.5초 간격으로 센다. 검사자는 매 동작 전후 센서가 부착 부위에서 떨어지거나 움직였는지 확인한다).</p>
	<p><b>④ 우측 측굴 동작 설명</b></p>
	<p>두 번째 동작을 시작하겠습니다. 동작은 상체를 오른쪽 측면으로 기울였다가, 다시 상체를 왼쪽측면으로 기울이는 동작입니다. 오른쪽 측면으로 기울일 때 팔도 자연스럽게 따라 내려가도록 합니다. 시선은 정면을 바라봅니다. 양발은 지면에서 떨어지지 않도록 주의합니다. 천천히 숫자 4를 셀 때까지 숙이고, 8을 셀 때까지 제자리로 오면 됩니다. 시작하겠습니다. 하나, 둘, 셋, 넷, 다섯, 여섯, 일곱, 여덟(검사자는 숫자를 1.5초 간격으로 센다. 검사자는 매 동작 전후 센서가 부착 부위에서 떨어지거나 움직였는지 확인한다).</p>
	<p><b>⑤ 좌측 측굴 동작 설명</b></p>
<p>다음은 상체를 왼쪽 측면으로 기울이는 동작입니다. 역시 팔을 몸에 붙이지 말고 기울일 때 자연스럽게 따라 내려가도록 합니다. 시선은 정면을 바라봅니다. 양발은 지면에서 떨어지지 않도록 주의합니다. 천천히 숫자 4를 셀 때까지 숙이고, 8을 셀 때까지 제자리로 오면 됩니다.) 세 번 반복하겠습니다. 하나, 둘, 셋, 넷, 다섯, 여섯, 일곱, 여덟(검사자는 숫자를 1.5초 간격으로 센다. 검사자는 매 동작 전·후 센서가 부착 부위에서 떨어지거나 움직였는지 확인한다).</p>	
<p><b>⑥ 우측 회전 동작 설명</b></p>	
<p>세 번째 동작을 시작하겠습니다. 오른쪽으로 상체 전체를 회전시키는 동작과 왼쪽으로 상체 전체를 회전시키는 동작입니다. 먼저 오른쪽으로 상체를 회전시킵니다. 두 발이 지면에서 떨어지지 않도록 하고 팔을 몸에 붙이지 말되, 팔이 지나치게 흔들리지 않도록 회전시킵니다. 시선은 몸이 돌아가는 방향의 정면을 봅니다. 양발은 지면에서 떨어지지 않도록 주의합니다. 천천히 숫자 4를 셀 때까지 숙이고, 8을 셀 때까지 제자리로 오면 됩니다. 하나, 둘, 셋, 넷, 다섯, 여섯, 일곱, 여덟(숫자를 1.5초 간격으로 센다. 검사자는 매 동작 후 센서가 부착 부위에서 떨어지거나 움직였는지 확인한다).</p>	
<p><b>⑦ 좌측 회전 동작 설명</b></p>	
<p>다음은 왼쪽으로 상체 전체를 회전시키는 동작입니다. 역시 팔을 몸에 붙이지 말되, 팔이 지나치게 흔들리지 않도록 회전시킵니다. 시선은 몸이 돌아가는 방향의 정면을 봅니다. 양발은 지면에서 떨어지지 않도록 주의합니다. 천천히 숫자 4를 셀 때까지 숙이고, 8을 셀 때까지 제자리로 오면 됩니다. 세 번 반복하겠습니다. 하나, 둘, 셋, 넷, 다섯, 여섯, 일곱, 여덟(숫자를 1.5초 간격으로 센다. 검사자는 매 동작 후 센서가 부착 부위에서 떨어지거나 움직였는지 확인한다).</p>	
<p><b>4) 임상 검사 종료</b></p>	
<p>검사가 모두 종료되었습니다. 수고하셨습니다.</p>	