파킨슨병 환자의 경직 정량화를 위한 측정시스템의 개발

Development of Measurement system for Rigidity quantification in Parkinson's Disease Patients

*이제호[1], 김지원[1], 권유리[1], #엄광문[1], 권도영[2], 고성빌[2], 박건우[2]
*J. H. Lee[1], J. W. Kim[1], Y. R. Kwon[1], #G. M. Eom(gmeom@kku.ac.kr)[1], D. Y. Kwon[2] , S. B. Koh[2] , K. W. Park[2]
[1] 건국대학교 의학공학부, [2]고려대학교병원 신경과

Key words : Parkinson's Disease, rigidity, quantification, load cell, gyro, accelerometer

1. 서론

파킨슨병은 대표적인 신경퇴행성 장애의 하나로 도파민의 부족과 대뇌피질하 (sub-cortical)신경계의 이상에 의해 발생하는 것으로 알려져 있다.[1] 파킨슨병은 사지의 떨림 (진전: tremor), 경직 (rigidity), 동작의 느려짐 (완서증:bradykinesia), 자세의 균형제어 이상(postural instability)등을 임상적 특징으로 하며 이러한 증상들은 파킨슨병 환자의 일상생활 동작 (ADL)을 방해하여 삶의 질을 매우 저하시킨다.[2] 이러한 파킨슨병은 65세 이상의 고령자에서 1%이상 발생하는 것으로 보고되었으며[3] 최근의 연구에서는 50~60세의 고령자에서 약 2%의 유병률을 나타내고 있다.[4] 국내에도 약 10만명 이상의 환자가 있을 것으로 추정되고, 인구의 고령화와 더불어 급속도로 증가할 것으로 예상되고 있다.

파킨슨병의 진단을 위한 임상척도로 UPDRS (Unified Parkinson's disease Rating Scale)이 가장 널리 사용되고 있으며, 이 중 partⅢ는 운동기능검사 (motor examination)로서 외래환자를 대상으로 하여 임상의가 환자의 증상이 심한 정도를 0~4점의 점수로 판정하도록 되어있다. Table 1은 이러한 경직에 대하여 환자를 진단하고 판정하는 UPDRS를 나타내고 있다. 하지만 UPDRS는 임상의가 점수를 판정하는 기준이 객관적이지 못하여, 임상의 개인내의 판정신뢰성(intra-rater reliability)과 임상의간의 판정신뢰성(inter-rater reliability)이 모두 낮다.[5] 또한 진단의 정확성과 이를 통한 투약의 효율성이 낮고 환자상태에 적합한 치료를 결정하기 위해 반복적인 시행착오가 필요하다는 심각한 제한점이 있다.[6] 파킨슨병 환자의 치료의 효율성은 환자의 증상을 정확히 진단하는 것에 크게 의존하므로, 임상적 증상의 정량화 및 객관화는 효율적인 치료로 이어질 수 있어 환자의 삶의 질 향상에 매우 필수적이라 할 수 있다.[7]

따라서 본 연구의 목적은 파킨슨환자의 임상적 특징 중 하나인 경직을 정량화하기 위해 환자의 경직의 심한 정도를 측정할 수 있는 시스템을 개발하는 것이다. 환자의 수동적 관절 운동중의 mechanical impedance의 탄성(spring) 성분 및 점성(damping) 성분을 정확하게 계산할 수 있도록 로드셀, 자이로센서, 가속도센서를 이용하여 임상적용이 가능한 측정시스템을 구현하였다.

2. 방법

그림 1은 파킨슨병 환자의 경직 정량화를 위한 측정시스템의 전체적인 블록다이어그램을 나타내고 있다. 각각의 센서로부터 측정되어진 데이터는 필터링과 증폭을 거친 후 A/D 변환을 한 후에 획득한 데이터 분석을 통하여 환자의 경직평가가 이루어진다.

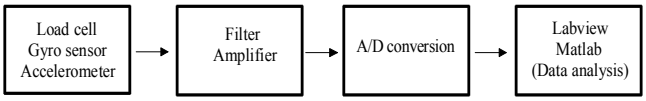


Fig. 1 Blockdiagram of measurement system

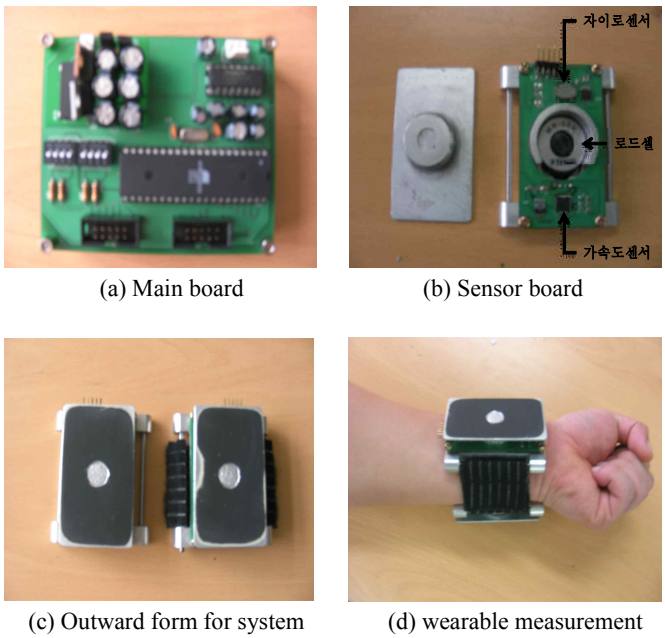
Table 1 UPDRS Rigidity Rating Scale

UPDRS Rigidity Rating Scale	
0	Rigidity absent
1	Rigidity slight or detectable only when activated by mirror or other movements
2	Rigidity mild to moderate
3	Rigidity marked, but full range of motion easily achieved
4	Rigidity severe ; range of motion achieved with difficulty

파킨슨병 환자의 경직 정량화를 위한 측정시스템을 개발하기 위해 다음과 같은 하드웨어를 구성하였다. 그림 2(a)의 메인부에서는 전원을 안정적으로 공급할 수 있는 전원부와 센서의신호를 송신할 수 있는 시리얼통신과 A/D변환을 위한 마이크로프로세서부(Atmega8535)로 구성이 되어있다.

그림 2(b)는 센서부의 내부구조를 나타내고 있다. 센서부는 로드셀(Φ25, 1mV/V, MR-50N, SHOWA), 자이로센서(6×10×25mm, 0.66 mv/deg/sec, CG-L53, NEC/TOKIN), 가속도센서(3-Axis, MMA7260QT) 로 임상적용에 편리하게 이용될 수 있도록 구성하였다. 로드셀은 임상의가 가하는 수동적인 관절운동의 양방향의 힘을 측정하고, 자이로센서는 관절의 운동속도 측정과 이를 적분하여 관절각도를 계측하는데 사용된다. 또한 가속도센서는 중력가속도를 이용하여 관절의 초기각도를 계측하는데 이용된다.

그림 2(c)는 센서의 외관을 나타내고 있다. 로드셀의 하중을 받는 면적이 매우 작으므로 임상의가 수동적 관절운동을 시키기 편리하도록 구성하였다. 그림 2(d)는 센서의 착용모습을 나타낸다. 센서를 착용하고 임상의가 착용된 센서를 잡고 수동적 관절운동을 시행할 수 있다.



(a) Main board (b) Sensor board

(c) Outward form for system (d) wearable measurement

Fig. 2 Measurement system for rigidity quantification

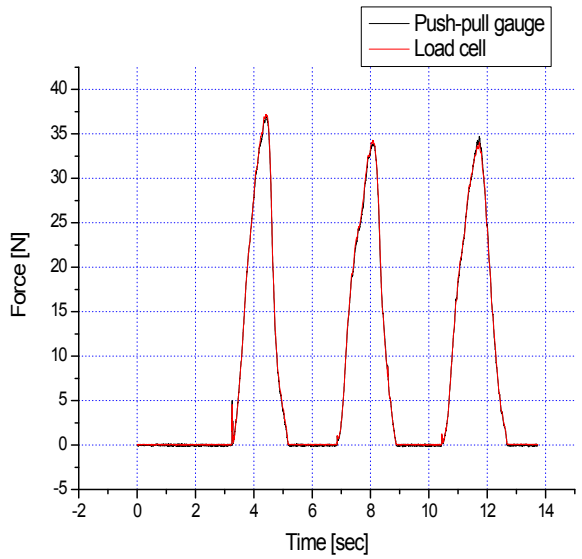
임상의가 수동적 관절운동을 가할 때, 로드셀의 정확한 힘을 측정하기 위하여 푸쉬-풀 게이지(push-pull gauge, model-9520, Aikoh. corp) 를 이용하여 보정(calibration)을 실시하였다. 로드셀의 보정을 위해 센서부를 제거한 로드셀 자체만을 먼저 보정하였다. 또한, 센서부의 무게가 관절운동각도의 변화에 따라 받는 중력의 영향을 제거하기 위해 각도에 따른 센서부 무게의 변화를 측정하여 이를 바탕으로 재보정(re-calibration)을 하였다.

자이로센서를 이용한 관절운동각도의 정확성을 판단하기 위하여 운동좌표를 계측하여 운동각도를 측정할 수 있는 장비인 Liberty (Polhemus inc, 240samples/sec)를 이용하였다. 자이로센서의 경우 적분누적오차를 최소화 하기위하여 선형적으로 증가하는 누적오차의 증가율의 크기만큼 기울기를 내려주는 detrend 기법을 이용하였다. 또한 가속도센서로 계측한 중력가속도를 이용하여 관절의 초기각도를 정하였다.

각각의 센서 데이터는 시리얼통신과 마이크로프로세서의 A/D변환을 통하여 랩뷰(Labview 8.0, National instruments)로 획득하였고, 매트랩(MATLAB 6.5, Mathworks)을 이용하여 데이터 분석을 하였다. 측정된 데이터는 전원잡음의 영향을 최소화하기 위해 차단주파수 2Hz의 4차 버터워스 저역필터를 통하여 잡음을 제거하였다.

3. 결과 및 고찰

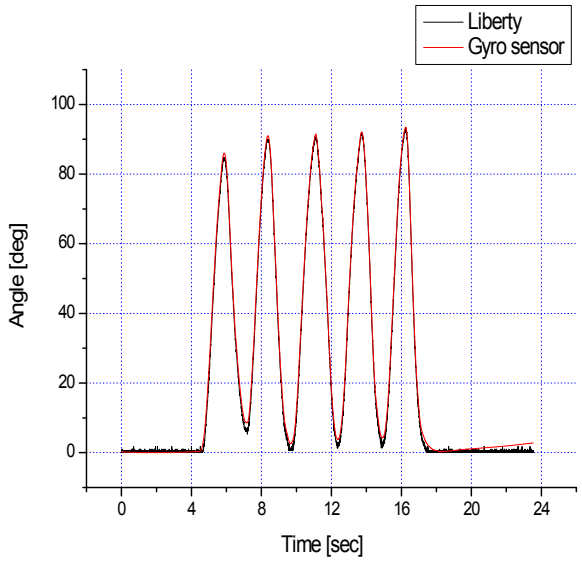
그림.3은 각 센서를 보정한 결과를 나타낸다. 그림.3(a)는 로드셀과 푸쉬-풀 게이지를 이용하여 계측한 힘의 결과값을 비교한 것이고, 그림.3(b)는 자이로센서와 가속도센서, Liberty를 이용하여 계측한 각도의 결과 값을 비교한 것이다.



(a) Force calibration

로드셀의 경우 푸쉬-풀 게이지와 비교해 보았을 때, 최대 2.08N의 오차가 발생하였고 (RMS_error=0.28N), 자이로센서와 가속도센서의 경우Liberty와 비교해 보았을 때, 최대 1.89◦의 오차가 발생하였다(RMS_error=0.21◦).

향후 연구로서, 파킨슨환자를 대상으로 실험을 실시하여 측정되어진 데이터로 부터 경직을 mechanical impedance의 spring 성분 및 damping 성분을 정확하게 계산하여 임상의가 책정한 UPDRS 점수와의 상관관계를 분석하여 경직의 정량적인 평가에 활용할 수 있을 것이다.



(b) Angle calibration

Fig. 3 Result of sensor calibration

4. 결론

본 연구에서는 파킨슨병 환자의 경직 정량화를 위한 측정시스템을 개발하였고, 로드셀, 자이로센서, 가속도센서를 이용하여 설계한 하드웨어의 정확성을 테스트 하였다. 본 개발 시스템은 파킨슨병 환자에 적용하여 경직의 정량화가 가능할 것으로 제안된다.

후기

이 논문은 2008년도 건국대학교 학술진흥연구비 지원에 의한 논문임.

참고문헌

1. Brrak, H., Ghebremedhin, E., Riib, U., Bratzke, H. and Del Terdici, K., "Stages in the development of Parkinson's disease-related pathology," Cell Tissue Res, 318, 121-34, 2004.
2. Stern, M.B., and Koller, W.C., "Parkinson's disease," in Parkinsonian Syndromes, New York: Marcel Dekker, 1993.
3. Hoehn, M.M., and Yahr, M.D., "Parkinsonism: onset, progression and mortality," Neurology, 17, 427-442, 1967.
4. Scenk, M., and Venekamp, D., "Parkinson's disease," Biomechatronics, 1, 2-4, 2003.
5. Van Dillen, L.R., and Roach, K.E., "Interrater reliability of a clinical scale of rigidity," Phys. Ther, 68, 11, 1670-1681, 1988.
6. Van Someren, E.J., Pticek, M.D., Speelman, J.D., Schuurman, P.R., Esselink, R. and Swaab, D.F., "New actigraph for long-term tremor recording," Mov Disord, 21,1136-43, 2006.
7. Okuno, R., Yokoe, M., Fukawa, K., Sakoda, S. and Akazawa, K., " Measurement system of finger-tapping contact force for quantitative diagnosis of Parkinson's disease," Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 1354-7, 2007.