

논문 2011-5-21

시간변화에 따른 다중파라미터기반에서 자세균형의 분석 연구

A Study on the Analysis of Posture Balance Based on Multi-parameter in Time Variation

김정래*, 이경중**

Jeong-Lae Kim, Kyoung-Joung Lee

요약 본 논문은 인체의 일정한 운동을 하는 동안에 시간의 변화에 따른 자세균형을 분석한다. 자세균형은 자세에 움직임 변화를 주어 다중파라미터로 변화 산출 값으로 나타냈다. 이렇게 산출된 값을 분석하여 균형자세 시스템을 구성하였다. 자세의 움직임 변화는 3가지 방법으로 눈을 감고 뜨는 방법, 머리를 앞뒤로 움직이는 방법과 상체 움직임 방법이다. 측정된 다중파라미터의 항목은 시각(Vision), 전정기관(Vestibular), 체성감각(Somatosensory), 중추신경계(CNS)이고, 측정파라미터의 평가는 안정성(Stability)으로 확인하였다. 균형자세 시스템은 이러한 변화에서 발생한 신호를 데이터 획득 장치에서 얻고, 신호를 신호 전달 장치를 통하여 전달하였으며, 데이터 분석을 통하여 자세에 대한 평가로 활용하였다. 귀환 시스템은 획득한 데이터를 재조정하는데 사용하였다. 발생하는 신호는 푸리에변환 하였고, 사용되는 주파수는 0.1Hz, 0.1-0.5Hz, 0.5-1Hz와 1Hz 이상을 사용하였다. 본연구의 결과로 시간 변화에서 운동부하를 부여함에 따라 인체의 자세변화에 따라 발생된 신호를 멀티파라미터 상에서 장시간 변화에 대한 파라미터 간의 변화를 통하여 개별 신체의 자세균형에 검증할 수 있는 시스템이 이루어져야 하며, 이를 통하여 새로운 검증 시스템에 활용할 수 있을 것으로 예상된다.

Abstract This study analyzed the posture balance of time variation for exercising body a period of time. Posture balance measured output values for the posture balance system of body moving in the multi-parameter. Posture moving variation had three methods such as open and closed eye, head moving and upper body moving. There were checked a parameter that measured vision, vestibular, somatosensory, CNS. This system was evaluated a data through the stability. This system has caught a signal for physical condition of body data such as a data acquisition system, data signal processing and feedback system. The output signal was generated Fourier analysis that using frequency of 0.1Hz, 0.1-0.5Hz, 0.5-1Hz and 1Hz over. The posture balance system will be used to support assessment for body moving the posture balance of time variation. It was expected to monitor a physical parameter for health verification system.

Key Word : Posture Balance, Data acquisition system, Multi-parameter, Fourier Frequency, Body Exercising

1. 서론

일상생활 속에서 신체의 건강한 삶을 유지하고 생활

의 원활한 관리를 이루기 위해 인체의 자세의 균형적 분석이 필요하다.^[1] 이를 위해 생활 속에서 삶의 질적 관리를 통한 안정적이고, 지속적인 건강관리가 계속적으로 유지되어야 한다. 특히 복지사회로 진행됨에 따라 노령화가 진행됨에 따라 여러 감각기관과 뇌 기능의 저하와 함께 균형 조절 능력이 감소되고,^{[2][3][4]} 대부분의 사람들

*종신회원, 을지대학교 보건과학대학 의료공학과

** (정회원), 연세대학교 보건과학대학 대학원 의공학과

접수일자 2011.9.7, 수정일자 2011.10.3

게재확정일자 2011.10.14

이 개인 건강에 관심과 관리를 지속적으로 유지하고 싶은 마음이 깊어지고, 건강을 효율적 서비스할 수 있는데 관심이 증대되고 있다.

이러한 건강관리는 연령층에 관계없이 다양한 방법으로 간편하며 항상 서비스를 받을 수 있는데 관심을 갖고 있고, 다양한 신체적 파라미터에서 받아들이는 자세의 조건을 모니터링하여 모니터링 기능을 갖춘 시스템이 필요하다.^{[5][6][7][8]}

이러한 조건에서 신체건강을 확인하는 과정으로 균형 조절 능력인 보행과 일상생활 동작을 수행하는 능력 등이 있고,^[9] 이와 동시에 관련기능인 시각, 청각, 전정기관, 고유수용감각, 위치감각, 근력과 인지기능 등의 여러 기관과 연관하여 신체의 균형 조절을 한다.^{[10][11]}

이러한 신체적 변화로 여러 감각기관의 조절능력, 뇌기능의 저하와 함께 균형 조절 능력이 감소가 발생됨으로 이를 균형 조절 능력인 임상적으로 평가하는 방법이 있는데, 대표적으로 Berg 균형 척도, 기능적 도달 검사, Tinetti 운동성 검사 등이 있고, 균형조절의 다양한 형태로 평가할 수 있으나 실제로 평가하기는 힘들다.^[12] 또한, 파라미터간의 패턴을 통한 시간별 리듬에서 보여주는 방법을 사용하나 이러한 패턴은 실제적(exactly)으로 신체 흔들림에서 나오는 주파수의 흔들림과 무게중심의 분배로 자세의 파라미터에 대한 변화가 일정시간 변화로 결과로 사용한다.^[13]

이번 연구에서 이러한 시간변화에 따른 자세변화와 측정파라미터에 대해 살펴보고, 특히 운동한 상태에서 변화하는 자세의 상태를 처리하는 시스템을 고안하였다.

II. 관련연구

1. 이론적 배경

자세 변화에 대한 평가는 신체가 동작하는 상황에서 평형감각을 통해 동작의 균형유지와 운동의 감각정보로 나타나는 생체 신호로 받아들일 수 있다. 그림1의 인체 제어 시스템(human control system)은 감각신경정보, 물리적인 통합제어정보, 신경계 및 생체 신호를 고려한 자세 변화의 통합적 시스템으로 이루어 졌다.^{[14][15]}

이러한 자세를 통한 복합적인 기능에서 감각기관(sensory organ)과 자세요동(postural sway)을 통합한 신체의 변화상태로 개별적 협동과정이 자세의 변화상태

로 작용하여 통합정보인 인체제어시스템으로 형성된다. 이를 체간간의 자세 상승작용(synergic action of postural reaction)이 이루어졌다.^{[16][17]}

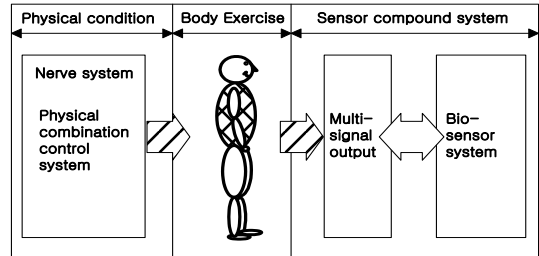


그림 1. 인체 제어 시스템 구조도

Fig. 1. Schematized structure of Human control system

2. 측정 파라미터의 운동부하 시스템 구성

운동부하에서 나타난 신체 변화는 자세 변화 제어 시스템은 바른 자세, 뛰는 자세를 통하여 변화하는 환경을 제공한다. 그림 2에서 바른 자세는 눈을 뜨고 감는 상태를 일정시간 반복하면서 자세의 변화상태를 측정하였다. 이러한 상태는 인체가 대략 2~3분 동안 진행되며, 신체의 동요와 변화의 상태를 측정하였다. 특히, 자세에 대한 항목에서 눈과 머리의 변화, 몸의 움직임으로 변화상태의 변위점으로 각각의 항목 간에 변화차이를 확인하였다. 뛰는 상태는 20분 동안 호흡이 가쁘지 않은 상태에서 지속적으로 속도를 유지하며 측정하였다.

신체에서 발생하는 측정 파라미터는 시각(Vision), 전정기관(Vestibular), 체성감각(Somatosensory), 중추신경계(CNS)에서 타나나는 측정값을 통해 자세 균형상태를 확인하였다.

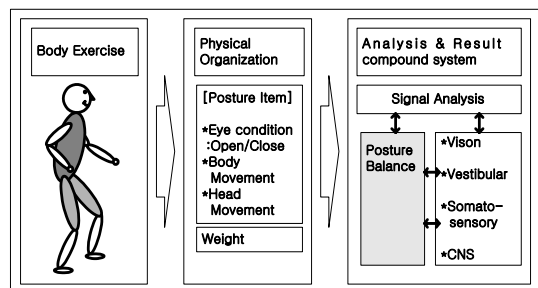


그림 2. 운동부하의 측정 파라미터의 구성도

Fig. 2. Schematized structure of the measurement parameter by the Human movement

III. 시스템 설계

1. 시스템 개요

시스템의 시스템 형태는 두 가지 형태인 자세균형 신호처리시스템과 균형검사시스템으로 구성하였다. 신호처리과정은 자세의 변화에 따른 변위 항목을 구성할 수 있는 단계에서 단계별 변위 값을 찾는 방식을 사용하였고,^{[9][18]} 균형검사는 자세 변화에 따른 주파수변화를 항목간의 변화를 측정하여 구현하였다.

2. 시스템 구성

시스템 구성은 그림3에서 피검자로부터 생체 센서에서 생체신호를 받아 신호처리부분과 데이터 처리부분으로 구성하였다.

가. 신호처리 부분

신호처리 부분의 구성은 데이터 수집기(NI사의 PXI-1042, PXI-8106)을 사용하여 신호를 얻고 이를 통하여 처리하는 과정이다. 피검자로부터 생체 신호를 얻고 이를 통하여 데이터를 분석하는 단계이다. 처리된 데이터의 코드 변화는 궤환 시스템(Feedback system)과 데이터 처리하는 단계를 거쳐 수정하였다.^[19]

나. 데이터 처리 부분

데이터 처리 부분의 구성은 데이터 처리기 (NI사의 PXI-6251 DAQ, PXI-1409)를 사용하여 데이터를 처리하고, 분석 및 처리과정중에 궤환시스템과 연결되어 있어 조건에 따라 처리됨으로 조건을 완성하였다.

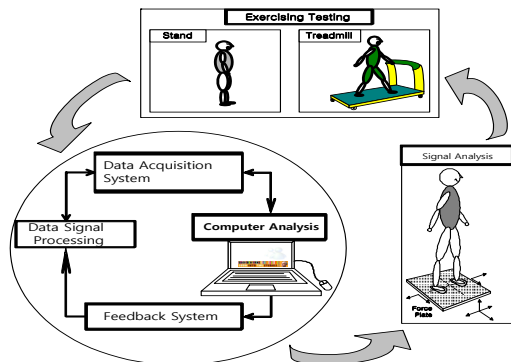


그림 3 자세균형 신호처리 시스템
Fig. 3. Signal Processing system of postural balance

3. 균형 검사 시스템

자세 균형을 검사하는 방법으로는 피검자가 힘판 위에 바른 자세로 선다. 검사시간은 초기 안정화 시기의 자료를 포함시켜 10초 동안 자세의 안정화 여부를 확인하고 검사를 시작하였다. 먼저 눈을 뜬 채로 정면을 바라보는 자세(NO), 눈을 감은 채로 정면을 향한 자세(NC), 눈을 감은 채 고개만 우측으로 향하도록 한 자세(HR), 고개를 좌측으로 향한 자세(HL), 고개를 뒤로 젖히고 천장을 향한 자세(HB), 고개를 숙여 바닥을 향한 자세(HF)에서 검사를 시행한다. 또한 정면을 향한 채 양손을 벌린 상태에서 눈을 뜬 자세로(PO), 눈을 감은 자세로(PC) 검사를 시행한다. 검사 동안 지정한 자세가 지속적으로 위치하는지를 검사하였다.

검사에서 나타난 데이터 처리는 자세 요동의 강도를 푸리에 지수(Fourier index)로 나타내고, 시각-전정기관-체성감각-중추신경을 통해 전달되는 신체 조건에 따라 진동되는 주파수를 구분한다. 진동수가 0.1Hz 이하의 저주파수 동요는 시각의 변화를 나타냈고, 0.1-0.5Hz의 저중주파수 동요는 전정기관의 변화를 나타냈으며, 0.5-1Hz의 고중주파수 동요는 체성감각의 변화가 나타났고, 1Hz 이상의 고주파수 동요의 경우 중추신경의 변화가 나타났다.^[20]

IV. 시스템 결과 및 분석

1. 시스템 구현

시스템 구현은 그림4에서 보여준 것 같이 파라미터의 항목들 간에 측정값을 측정하고, 이를 측정조건에 따라 결과를 분석하였다. 시간 변화에 따른 운동 전후에서 자세의 동작을 파라미터의 항목간의 변화로 나타냈고, 시각, 전정기관, 체성감각, 중추신경계의 형태로 나타냈다.

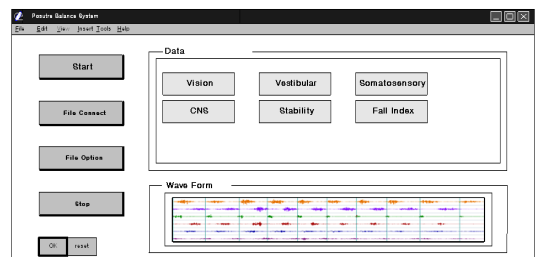


그림 4. 파라미터 출력 값 과 변화 파형 화면
Fig. 4. Schematized diagram of Window Image of parameter output

2. 시스템 분석

시스템분석은 시간변화에 따른 파라미터별 자세에 대한 변화 차이, 운동 전과 후의 시차별 파라미터 간 변화와 시간차에서 변화량의 파라미터별 차이를 나타냈고, 그림 5, 그림 6 과 그림7에서 변화의 추이를 분석하였다.

가. 시간 변화에 따른 변화 추의 차이

그림 5는 시간변화에 따른 파라미터의 변화를 나타냈다. 시각(vision)은 PC자세, HR자세에서 변화가 심하고, 그다음은 NC자세, HL자세, HB자세, NF자세로 나타났고, 전정기관(Vestibular)은 PC자세, HB자세에서 변화가 심하고, 그다음은 NC자세, HB자세, HL자세, HF자세로 나타났고, 체성감각(Somatosensory)은 NC자세, PC자세에서 변화가 심하고, 그다음은 NO자세, PO자세로 나타났고, 중추신경계(CNS)는 HB자세에서 변화가 심하고, 그다음으로 NO자세, NC자세, PC자세, PO자세, HR자세, HL자세, HF자세로 변화가 나타났다.

따라서 시간변화에 따른 파라미터별 자세의 변화는 시각은 PC자세, HR자세에서 변화차이가, 전정기관은 PC자세, HB자세에서 변화차이가, 체성감각은 NC자세, PC자세에서 변화차이가, 중추신경계는 HB자세에서 변화 차이가 심한 것으로 확인하였다.

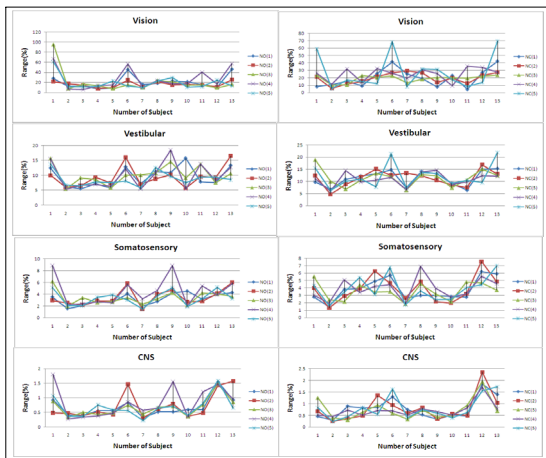


그림 5. 출력 값 및 변화 파형 화면(시간변화의 파라미터변화)
Fig. 5. Schematized diagram of Window Image Output(Time interval of parameter variation)

나. 운동 전후의 시차별 파라미터별 분석

운동 전과 후를 통하여 시간 변화에 따라 자세의 변화

를 파라미터별 변화를 그림 6에서 산출되었다.

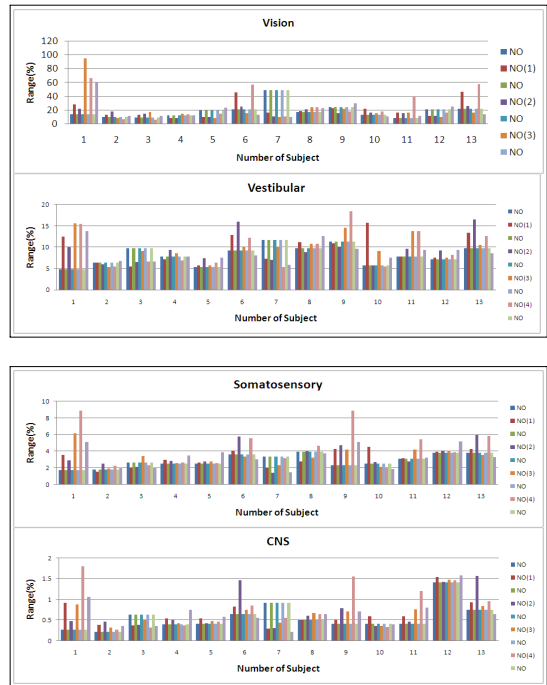


그림 6. 출력 값 및 변화 파형 화면(운동전후 시차별 파라미터)
Fig. 6. Schematized diagram of Window Image Output(Time interval parameter of after and before for exercising)

시각은 HB자세, HF자세에서 변화가 심하고, 그다음은 PO자세, PC자세, HR자세, HL자세로 나타났고, 전정기관은 NC자세, HF자세에서 변화가 심하고, 그다음은 NO자세, PC자세, PO자세, HL자세이고 HB자세 순으로 나타났고, 체성감각은 HB자세, PO자세, PC자세에서 변화가 심하고, 그다음은 HL자세, HF자세이고 NO자세, HR자세로 나타났고, 중추신경계는 HL자세, HB자세에서 변화가 심하고, 그다음으로 NO자세, PC자세, HF자세이고, PO자세, NC자세가 나타났다.

따라서 운동 전과 후에서 시간 변화에 따른 자세변화 상태에서 파라미터별 변화는 시각은 HB자세, HF자세에서 변화차이가, 전정기관은 NC자세, HF자세에서 변화차이가, 체성감각은 HB자세, PO자세, PC자세에서 변화차이가, 중추신경계는 HL자세, HB자세에서 변화 차이가 심한 것으로 확인하였다.

다. 운동 전후에서 시간차 간 변화량의 파라미터 별 분석

운동 전의 산출 값과 운동 후의 산출 값에서 시간차간 변화를 평균으로 산출하여 자세의 변화에 따라 파라미터 별 변화를 그림 7에서 결과로 산출하였다.

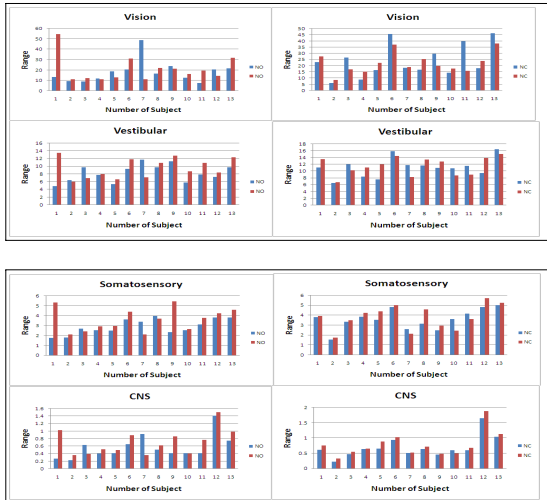


그림 7. 출력 값 및 변화 파형 화면(안정성)
Fig. 7. Schematized diagram of Window Image Output(Stability)

시각은 운동전에 HB자세가 변화가 심하고, 그다음은 NC자세, HB자세로 나타났고, 운동후에 HL자세, HF자세가 변화가 심하고, 그다음은 PC자세, HR자세로 나타났다. 전정기관은 운동전에 HB자세, NC자세가 변화가 심하고, 그다음은 PC자세, HF자세로 나타났고, 운동후에 PC자세, HF자세가 변화가 심하고, 그다음은 HL자세, HB자세, NC자세로 나타났다. 체성감각은 운동전에 PC자세가 변화가 심하고, 그다음은 HB자세로 나타났고, 운동후에 PC자세, HB자세가 변화가 심하고, 그다음은 NC자세, HL자세로 나타났다. 중추신경계는 운동전에는 변화가 없었고, 운동후에 HB자세가 변화가 심하게 나타났다. 따라서 운동 전과 운동 후의 산출 값을 시간차별로 변화의 평균을 산출하면, 시각은 운동전에 HB자세에서 변화가 있고, 운동후에 HL자세, HF자세에서 변화가 있었다. 전정기관은 운동전에 HB자세, NC자세에서 변화가 있고, 운동후에 PC자세, HF자세에서 변화가 있었다. 체성감각은 운동전에 PC자세에서 변화가 있고, 운동후에 PC자세, HB자세에서 변화가 있었다. 중추신경계는 운동 전에는 변화가 없었고, 운동후에 HB자세에서 변화 차이

가 심한 것으로 확인하였다.

3. 시스템 평가

시스템평가는 운동 전과 운동 후를 시간차분하여 구분하고, 파라미터별 자세 변화에서 발생하는 변화를 그림 8에서 산출하였다. 시간별로 자세 형태에서 발생하는 변화의 일정하게 지속적으로 나타나는 것을 산출하여 안정성여부로 평가 하였다.

시간차분에서 변화가 따른 변화가에 대한 자세변화를 보면 HB자세, PC자세에서는 다소 안정성이 떨어지는 것으로 나타났고, 그밖의 자세는 동등한 상태를 나타냈다. 운동후에 대한 자세변화는 PC자세, HB자세, HL자세에서 안정성이 떨어지는 결과로 평가되었다.

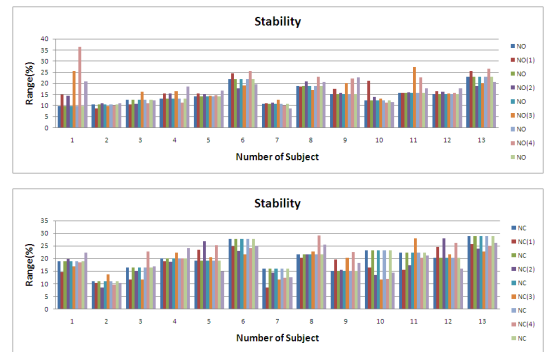


그림 8. 출력 값 및 변화 파형 화면(안정성)
Fig. 8. Schematized diagram of Window Image Output(Stability)

V. 결론

인체를 운동하여 전과 후에서 자세변화에 따라 시간차별로 멀티파라미터간의 자세 균형 시스템을 구성하고 서로 간에 관련성을 측정하고 측정값에 따라 평가하는 방법으로 적용하였다.

측정된 주파수에서 0.1Hz 이하에서 시각의 변화가 나타났고, 0.1-0.5Hz에서 전정기관의 변화가 나타났으며, 0.5-1Hz에서 체성감각의 변화가 나타났고, 1Hz 이상에서 중추신경의 변화가 나타났다.

첫째, 시간변화에 따른 파라미터별 자세의 변화는 시각은 PC자세, HR자세에서 변화차이가, 전정기관은 PC자세, HB자세에서 변화차이가, 체성감각은 NC자세, PC자세에서 변화차이가, 중추신경계는 HB자세에서 변화

차이가 심한 것으로 확인하였다.

둘째, 운동 전과 후에서 시간 변화에 따른 자세변화상 태에서 파라미터별 변화는 시각은 HB자세, HF자세에서 변화차이가, 전정기관은 NC자세, HF자세에서 변화차이가, 체성감각은 HB자세, PO자세, PC자세에서 변화차이가, 중추신경계는 HL자세, HB자세에서 변화 차이가 심한 것으로 확인하였다.

셋째, 운동 전과 운동 후의 산출 값을 시간차별로 변화의 평균을 산출하면, 시각은 운동전에 HB자세에서 변화가 있고, 운동후에 HL자세, HF자세에서 변화가 있었다. 전정기관은 운동전에 HB자세, NC자세에서 변화가 있고, 운동후에 PC자세, HF자세에서 변화가 있었다. 체성감각은 운동전에 PC자세에서 변화가 있고, 운동후에 PC자세, HB자세에서 변화가 있었다. 중추신경계는 운동전에는 변화가 없었고, 운동후에 HB자세에서 변화 차이가 심한 것으로 확인하였다.

향후 연구로는 본 논문에서 멀티파라미터 상에서 장 시간 변화에 대한 파라미터 간의 변화를 통하여 개별 신체의 자세균형에 검증할 수 있는 시스템이 이루어져야 하며, 이를 통하여 새로운 검증 시스템에 활용할 수 있을 것으로 예상된다.

참고문헌

[1] Lai C.C., Lee R.G., Hsiao C.C., Liu H.S., Chen C.C., "A H-QoS-demand personalized home physiological monitoring system over a wireless multi-hop relay network for mobile home healthcare applications", J of Network and Computer Applications, Vol.32, pp.1229-1241, 2009.

[2] Daubney ME, Culham EG. Lower-extremity muscle force and balance performance in adults aged 65 years and older. Phys Ther Vol.79, pp.1177-85, 1999,

[3] Woo YK, Hwang JH, An J, Park H, Kim YH, Lee KW, et al. Effect of characteristics of joint motion of lower extremity according to aging on balance in elderly. J Korean Acad Rehab Med Vol.29. pp.109-18, 2005.

[4] Lacour M, Bernard-Demanze L, Dumitrescu M.

Posture control, aging, and attention resources: models and posture-analysis methods. Neurophysiol Clin Vol.38, pp.411-21, 2008.

[5] Alwan M, Mack DC, Dalal S, Kell S, Turner B, Felder RA, "Impact of passive in-home health status monitoring technology in home health: outcome pilot. In: Proceedings of the 1st distributed diagnosis and home healthcare (D2H2)conference." Arlington , VA, USA, 2-4 April, pp.79-82, 2006.

[6] Bratan T, Clake M, Jones R, Larkworthy A, Paul R, "Evaluation of the practical feasibility and acceptability of home monitoring in residential homes." J Telemed Telecare, Vol.11(suppl.1), pp.29-31, 2005.

[7] Korhonen I, Parkka J, Van Gils M, "Health monitoring in the home of the future." IEEE Eng Med Bio Mag, Vol.22(3), pp.266-73, 2003.

[8] Pare G, Jaana M, Sicotte C, "Systematic review of home telemonitoring for chronic diseases: the evidence base." J Am Med Inf Assoc, Vol.14(3), pp.269-77, 2007.

[9] Cohn H, Blatchly CA, Gombash LL. "A study of the clinical test of sensory interaction and balance". Phys Ther , Vol.73, pp.346-35,1993.

[10] Ishizaki H, Pyykko I, Aalto H, Starck J. Repeatability and effects of instruction of body sway. Acta Otolaryngol (Stockh), Vol.481, pp. 589-92, 1991.

[11] Prado JM, StoVregen TA, Duarte M. Postural sway during dual tasks in young and elderly adults. Gerontology, Vol.53,pp.274-812,2007.

[12] Yelnik A, Bonan I. Clinical tools for assessing balance disorders. Neurophysiol Clin., Vol.38, pp.439-45, 2008.

[13] Shub YK-RR, Kohen-Raz A, Ashkennazi I, Combined effect of circadian variations and fatigues-assesment by flight simulator and multiplate posturography. In:10th International Symposium on Aviation Psychology. Ohio State University, Columbus, Ohio, 896-902, 1999.

[14] Cohn H, Blatchly CA, Gombash LL, "A study of the clinical test of sensory interaction and

- balance". Phys Ther. Vol.73, pp.346-354, 1993.
- [15] Shulmann DL, Goldfish E and Fisher AG. "Effect of movement on dynamic equilibrium". Phys Ther. Vol.67, pp.1054-1057,1987.
- [16] Fabio RPD. "Sensitivity and specificity of platform posturography for identifying patients with vestibular dysfunction". Phys Ther., Vol. 75, pp.290-305, 1995.
- [17] Shumway-Cook A and Horack FB. "Assessing the influence of sensory interaction on balance: Suggestion from field' Phys Ther. Vol.66, pp.1548-1550, 1986.
- [18] Shulmann DL, Goldfish E and Fisher AG. "Effect of movement on dynamic equilibrium". Phys Ther. Vol.67, pp.1054-1057,1987.
- [19] Fabio RPD. "Sensitivity and specificity of platform posturography for identifying patients with vestibular dysfunction". Phys Ther.,Vol. 75, pp.290-305,1995.
- [20] de Wit G. Optic versus vestibular and proprioceptive impulses, measured by posturometry. Agressologie, Vol.13, pp.75-9,1972.

저자 소개

김 정 래(중신회원)



- 1983.2 연세대학교 의용전자공학과 졸업
 - 현 재 : 을지대학교 보건과학대학 의료공학과 교수
- <관심분야 : 생체정보통신, 생체신호처리등>

이 경 중(정회원)



- 공학박사
- 1993.01-1993.12 Case Western Reserve University
- 2001.03- 현재: 연세대학교 의공학연구소 부소장
- 현 재 : 연세대학교 보건과학대학 의공학부 교수

<관심분야 : 생체모델링, 생체신호처리등>