

팔꿈치 각도 분석을 통한 Haptic 재활훈련의 신뢰도 평가

Estimating reliability of the haptic rehabilitation through elbow angle analysis

*손진철¹, 고영태¹, 이호규², #김영탁¹

*J. W. Son¹, Y. R. Ko¹, H. K. Lee², #Y. T. Kim(robokim@cau.ac.kr)¹

¹중앙대학교 기계공학부, ²Shibaura Institute of Technology

Key words : Haptic, Rehabilitation, Upper limb, Stroke, Robot-aided

1. 서론

최근 급속한 산업화와 노령화에 의해 뇌졸중 및 노화에 의한 상지 운동기능 장애인이 증가하고 있는 추세이다. 이에 따라 이들의 재활훈련의 필요성이 높아지고 있다. 종래의 재활 훈련은 의사나 물리치료사의 주관적인 평가가 대부분이었으므로, 객관적인 평가 기준을 구축하기 위하여 가상 현실(Virtual Reality) 기술이나 로봇 기술이 상지 재활 시스템에 도입이 되었다.¹⁾

본 Haptic 시스템을 이용한 상지 재활 훈련의 이상적인 자세는 피험자의 등을 의자의 등받이에 밀착하고 어깨를 고정된 상태이다. 하지만 상지 마비 환자를 대상으로 실험을 하였을 경우에는 환자의 팔의 힘이 부족하여 팔꿈치만을 사용하지 않고 몸을 움직여서 훈련을 하는 경우를 관찰하였다. 이러한 이유로, 이번 연구에서는 기존에 연구되었던 Haptic 시스템을 이용한 상지 재활 훈련의 결과 데이터를 이용하여, 훈련 중 환자의 자세를 추측하여 결과 데이터의 신뢰도를 평가할 수 있는 방법을 제시한다.

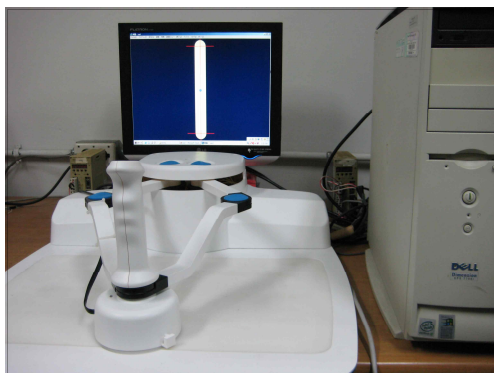


Fig. 1 Configuration of the haptic rehabilitation system

2. 시스템 개요

2.1 Haptic 시스템의 구성

Haptic 시스템은 크게 Haptic 장치, 모니터, 컴퓨터, EMG 센서 및 훈련프로그램으로 구성되어있다 (Fig. 1). Haptic 장치 본체는 AC 서보모터, 링크, 손잡이, 조작판 등으로 이루어져 있다. AC 서보모터에 있는 엔코더를 이용하여 링크의 회전 각도를 측정할 수 있다.²⁾

본 연구에서는, 훈련 시 환자의 팔꿈치 각도를 측정하기 위하여 링크 2개와 포텐시오미터를 추가하였다.

2.2 훈련 프로그램

본 실험에서는, 재활 훈련에서 가장 기본이 되는 상지 직선 운동 프로그램을 사용하였다. 직선 운동의 길이는 200 mm이고, 가이드라인이 화면에 표시되어있다(Fig. 2).

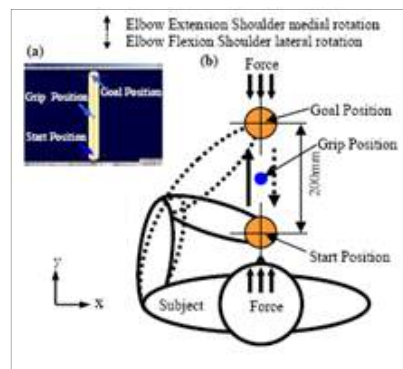


Fig. 2 Image of the training method : (a) Screen image of the training program. (b) Method of experiment (reaching exercise)

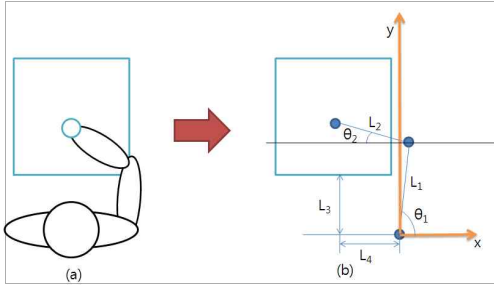


Fig. 3 Simplified human's arm to links

3. 실험

제안된 평가 방법을 검증해 보기 위해 앞서 언급한 바와 같이 가장 기본적인 운동인 직선 운동을 실시하였다. 실험에 참가한 피험자는 20대 후반의 건장자이다. 데이터 분석을 위해 실험 전 피험자와 Haptic 장치간의 거리, 피험자의 오른쪽 어깨 길이, 팔뚝의 길이와 상박의 길이를 측정하였다.

피험자는 총 30초 동안의 직선 훈련을 실시하였다. 실험 시작 후 15초까지는 피험자의 자세를 이상적인 자세를 유지하도록 하였고, 15초에서 30초까지는 피험자의 몸을 최대한 움직여 가면서 실험을 진행하였다.

4. 결과 및 분석

4.1 분석 방법

Figure 3은 실험의 개략도를 나타낸 것으로 피험자를 링크로 간략하였다. 다음과 같이 역기구학(Inverse kinematics)을 통하여 팔꿈치 각도(θ)를 구할 수가 있다.

$$x = l_1 \cos\theta_1 - l_2 \cos\theta_2 \quad (1)$$

$$y = l_1 \sin\theta_1 + l_2 \sin\theta_2 \quad (2)$$

$$\theta = \theta_1 + \theta_2 \quad (3)$$

$$x^2 = l_1^2 \cos^2\theta_1 - 2l_1l_2 \cos\theta_1 \cos\theta_2 + l_2^2 \cos^2\theta_2 \quad (4)$$

$$y^2 = l_1^2 \sin^2\theta_1 + 2l_1l_2 \sin\theta_1 \sin\theta_2 + l_2^2 \sin^2\theta_2 \quad (5)$$

$$x^2 + y^2 = l_1^2 + l_2^2 - 2l_1l_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) \quad (6)$$

$$\theta = \theta_1 + \theta_2 = \cos^{-1} \left(\frac{x^2 + y^2 - l_1^2 - l_2^2}{2l_1l_2} \right) \quad (7)$$

식 (7)을 통해서, 이상적인 자세에서 훈련을 하였을 경우의 피험자의 팔꿈치 각도를 측정 데이터를 통하여 계산할 수 있다.

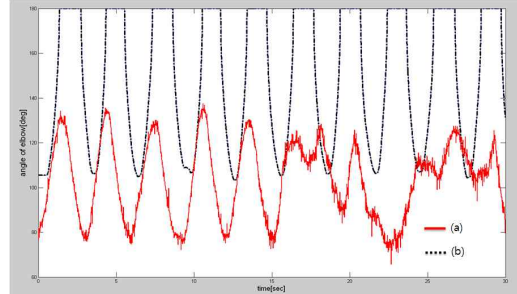


Fig. 4. (a) Real angle of the elbow (b) Computed angle of the elbow

4.2 결과 및 고찰

Figure 4는 각각 포텐시오미터(potentiometer)를 통해 측정된 피험자의 팔꿈치 각도와 계산된 피험자의 팔꿈치 각도를 나타낸 것이다.

Figure 4의 (a)와 (b)를 비교하면 시작 후 15초까지는 값의 차이가 나지만 경향이 비슷한 것을 볼 수가 있다. 그러나 15초부터 30초까지는 값뿐만 아니라 경향까지도 많이 차이 나는 것을 볼 수가 있다. 이는 시험 시작 후 15초까지는 피험자의 자세가 이상적으로 고정되어 있었고, 15초부터 30초까지 몸을 움직이면서 실험을 하였기 때문이다.

5. 결론

본 연구에서는 피험자의 팔꿈치 각도를 측정, 분석함으로써, Haptic 시스템을 이용한 상지 재활 훈련의 신뢰성을 평가할 수 있는 방법을 제안하였다. 제안된 방법을 통해서 계산된 피험자의 팔꿈치 각도와 측정된 팔꿈치 각도를 비교 분석하였으며 올바른 자세로 훈련을 하였을 시, 이상적인 팔꿈치의 각도와 실제 환자의 팔꿈치의 각도 차이 뿐만 아니라 경향까지도 많은 차이가 나는 것을 볼 수가 있었다. 이를 이용해 환자의 훈련이 올바르게 수행되었는지 아니었는지 판단될 수 있다.

참고문헌

1. H.I.Krebs, N.Hogan, M.L.Aisen and B.T.Volpe: Robot-aided neurorehabilitation, Rehabilitation Eng., IEEE Trans., Vol.6, pp.75-87 (1998)
2. H.K.Lee, S.W.Kang, Y.T.Kim, J.W.Son: "Development of Upper Limb Rehabilitation Program Using Haptic Technology", Proc. Of the kspe, pp. 177-178, Jun 2008.