Kinect 센서 기반의 노인 근력검사 개발을 위한 예비연구*

홍지영^{1),2)} · 공현중^{3)**}

1) 서울대학교병원 2) 서울대학교 3) 충남대학교

ABSTRACT

Jeeyoung Hong · Hyoun-Joong Kong. A Pilot Study for Development of Kinect Sensor-based Muscle Strength Test of the Elderly. *The Journal of Kinesiology*, 2017, 19(3): 45-51. **[PURPOSE]** This study is a pilot study to investigate the possibility of kinect sensor based muscle strength test. **[METHODS]** Ten male subjects (age: 26.30 ± 1.70 years, height: 176.88 ± 2.89 cm, weight: 73.40 ± 4.03 kg) were selected for the study. The exercise specialist and kinect sensor based muscle strength test program were evaluated at the same time. The items of evaluation were upper strength test (30 sec. arm curls) and lower strength test (30 sec. chair stands). Intraclass correlation coefficient (ICC) was calculated using a two-way mixed model to determine the reliability between the results measured by the exercise instructor and the results measured by the kinect sensor-based muscle strength test method. Bland-Altman plots were used to assess the differences between the two methods and to evaluate the agreement. To obtain the maximum and minimum values of the error intervals, $\text{mean} + 1.96 \times \text{standard deviation}$ and $\text{mean} - 1.96 \times \text{standard deviation}$ were calculated. **[RESULTS]** As a result of upper strength test, ICC was 0.904 (95% CI: .614-.976), Bland-Altman analysis showed that the mean value of the result was 0.6 and the error interval was -3.44 to 4.64. As a result of the test of lower strength test, ICC was found to be 0.895 (95% CI: .576-.974), Bland-Altman analysis showed that the mean value of the result was -0.3 and the error interval was -3.50 to 2.90. **[CONCLUSIONS]** The ICC of the test showed very high inter - test reliability, showing no difference between the two methods. Therefore, kinect sensor-based muscle strength test may be recommended as a new objective method for testing the strength of the elderly.

Key words : kinect sensor, senior fitness test, muscle strength test

주요어 : 키넥트 센서, 노인, 근력검사

서론

의료기술과 경제의 발전으로 기대수명이 증가하면서 우리나라의 노인 인구는 2024년에는 19.0%, 2034년에는 27.6%로 늘어날 것으로 예상된다(Statistics on the aged, 2015). 노화의 진행과 함께 나타나는 근육의 감소를 근감소증(sarcopenia)이라고 하는데(Rosenberg, 1997), 근감소증은 근육의 감소로 연결되고 이는 주로 사지골격근의 감소에 의해 초래된다. 근육의 감소는 다시 운동 기능 장애를 초래하여 활동능력의 장애로 인한 낙상과 골절 등으로 이어져 결국 삶의 질을 저하시킨다(Zamboni et al., 2008). 근감소증은 필연적인 노화로 인한 근감소증을 운동에 의해서 진행속도와 양상을 긍정적으로 변화시킬 수 있다고 알려져 있다(Schilke, 1991).

노인을 대상으로 한 운동의 효과를 평가하기 위한 체력검사 방법으로 노인체력검사방법(SFT: Senior Fitness Test)이 많이 쓰이는데(Rikli & Jones, 1999), 이 검사는 숙련된 검사자에 의해 시행되어야 하지만 검사 시행 기관에 따라 여러 가지 현실적 제약으로 그렇지 못한 사례들이 보고되고 있다(Keith et al., 2012). 또한 숙련된 검사자라 하더라도, 체력검사에 있어 검사자들 사이의 편차와 검사자 내에서 시간에 따른 편차가 존재하는 것이 현실이다. 이와 같은 이유들로 검사의 신뢰도와 타당도를 높일 수 있는 새로운 평가 방법의 필요성이 제기되고 있다.

최근, 인간-컴퓨터 상호작용(Human-Computer Interaction, HCI)을 기반으로 Natural User Interface(NUI) 기술을 이용해, 객관적이고 정량적 동작 측정을 바탕으로

* 이 논문은 2015년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2015S1A5B5A01015418)

** 교신저자: gongcop@cnu.ac.kr

직관적으로 실시간 피드백이 가능한 운동게임(Exergame)이나 재활운동 소프트웨어들이 발표되고 있고(Lange et al., 2011; Douris et al., 2012), 이를 고령자에게도 적용하는 사례들(Clark et al., 2009; Agmon et al. 2011; Garcia et al., 2012)이 늘어나고 있다.

NUI 기술은 기존의 Command Line Interface(CLI), Graphics User Interface(GUI)와는 달리 명령어와 사용법을 배우지 않더라도 기존의 사용자가 가진 경험을 기반으로 키보드나 마우스 없이 신체부위(손가락, 제스처, 표정, 음성 등)를 인식해 직관적으로 기기를 제어할 수 있기 때문에 노인을 포함한 대부분의 사용자를 위한 인터페이스 기술로 주목 받고 있다.

Kinect 센서는 이러한 NUI 기술을 손쉽게 구현한 Microsoft사의 제품으로, 4개의 마이크 어레이, Color 카메라, 적외선 투사기(IR Emitter) 및 Depth 카메라를 내장하여, 촬영 대상의 칼라 영상과 동시에 그것의 3D-깊이 영상을 제공한다. 특히 대상이 사람인 경우, 자동으로 골격 및 관절 데이터를 추출해 사용자에게 손쉽게 제공한다.

본 연구에서는 Kinect 센서를 통해 대상자의 골격 모델(Skeleton Model)을 추출하여 이를 기반으로, 노인의 상지 근력검사인 '30초간 아령들기' 검사와 하지근력검사인 '30초간 의자앞일어나기' 검사를 객관적으로 수행할 수 있는 사용자 프로그램을 개발하였다. 또한 개발된 시스템과 기존의 숙련된 검사자로 하여금 위의 근력검사를 동시에 수행한 후, 두 측정 결과 값을 비교한 예비연구를 수행하여, 추후 노인들에게 객관적이고 신뢰도가 높은 새로운 체력검사방법을 제공하는데 본 연구의 목적이 있다.

연구 방법

연구대상 및 절차

본 예비연구의 목적과 취지에 동의한 20대 남자 10명을 연구대상으로 선정하였다. 연구대상자가 상지와 하지의 근력검사를 시행하는 동안, 운동전문가와 개발된 Kinect 센서 기반의 근력검사 프로그램이 동시에 평가를 수행하였다.

모든 검사는 2회 시행하여 평균값을 기록하였다. 본 연구는 S대학교병원 생명윤리위원회(IRB NO: 1705-047-852)의 승인을 받아 대상자들에게 연구의 목적과 내용을 충분히 설명 후 실험참가에 대한 동의를 받아 진행하였다.

연구대상자의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Characteristics of subjects (M±SD)

Age(yrs)	Height(cm)	Weight(kg)
26.30±1.70	176.88±2.89	73.40±4.03

측정항목 및 방법

Kinect 센서의 원리 및 근력 측정시스템 개발

상하지근력 측정 시스템 개발을 위해 사용한 Kinect 센서는 마이크로소프트의 Kinect for Windows V2(Kinect V2)로, 이전 버전에서의 근적외선(NIR) 구조광(Structured Light) 방식이 아니라, TOF(Time of Flight) 방식의 Depth 카메라를 사용하였다.

근적외선을 쏘아서 반사되어 되돌아오는 시간을 측정하여 해당 지점까지의 거리를 계산하는 TOF 방식으로 인해 Kinect V2 센서는 이전 버전에 비해 깊이맵(Depth Map) 영상의 정밀도와 해상도가 향상되었다 <Figure 1>.

Figure 1. Principle of depth camera in Kinect V2 Sensor

Figure 2. Depth map image of Kinect V2 sensor

Kinect 센서의 동작인식은 Kinect 센서 앞에 있는 사용자를 Depth 카메라로 확인, 깊이 맵 계산, 배경을 기반으로 각 사람을 분리, 확인된 모든 신체 부위 식별, 신체의 뼈 구조 부분과 근접한 위치 계산, 골격 모델 이미지(skeleton model image) 생성 등의 일련의 과정을 통해 이루어진다(Kim et al., 2012).

Kinect V2 센서를 통해 연구 대상자를 촬영하여 골격 모델을 생성한 후, 검사 동작 판단을 위해 25개의 골격 지점들을 자동으로 인식하게 한 후, 3차원 공간 상에서 각 지점의 X, Y, Z 좌표를 생성하여 상지와 하지의 근력측정 프로그램으로 전송되도록 하였다 <Figure 2>. 상지와 하지 근력 측정 동작에 따라 연구 대상자의 골격 데이터를 바탕으로 올바른 동작 여부를 실시간으로 판단하는 알고리즘을 개발하여 정량적 검사 결과를 사용자에게 출력할 수 있도록 하였다.

Figure 3. Human skeleton model of Kinect V2 sensor

Kinect 센서와 PC와의 인터페이스를 구현하고, 상지와 하지 근력 측정 알고리즘과 PC용 사용자 화면을 개발하여 통합 상지근력측정 시스템 소프트웨어 개발을 위해 National Instrument사의 LabVIEW 2015와 Harotek사의 Haro3D VI Library v1.2를 사용하였다 <Figure 5, 6>.

Figure 4. Formula for calculating the angle between two vectors using the dot product

Kinect 센서 기반 상지근력검사 프로그램

연구대상자가 상지근력검사를 위해 의자에 앉으면, Kinect 센서는 맞은편의 연구대상자를 감지하고 상지근력검사에 필요한 기준 골격 위치인, 손목(wrist_right, wrist_left), 팔꿈치(elbow_right, elbow_left), 어깨(shoulder_right, shoulder_left) 지점을 추적하며, 30초 동안 실시간으로 해당 골격 데이터의 좌표를 실시간으로 추출하도록 하였다.

두 벡터의 내적 공식을 활용하여 팔꿈치 사이 각도를 계산하여, 연구대상자의 팔꿈치 각도가 하측 150도에서 상측 45도까지 이동하면, 1회씩 동작 카운트를 하도록 상지근력검사 프로그램을 개발하였다.

Figure 5. Examples of upper muscle strength test using Kinect V2 sensor based measurement program

Kinect 센서 기반 하지근력검사 프로그램

연구대상자가 하지근력검사를 위해 의자에 앉으면, Kinect 센서는 맞은편의 연구대상자를 감지하고 하지 근력검사에 필요한 기준 골격 위치인 어깨중앙(spine_shoulder) 지점을 지속적으로 추적하여, 연구대상자의 처음 앉은 자세와 일어선 자세에서의 어깨중앙 좌표 값들에 상하 허용 오차 0.3 cm를 두어 자세 판단의 기준으로 설정하였다.

검사 시간 30초 동안 실시간으로 해당 어깨중앙 골격 좌표를 실시간으로 추출하도록 하여, 좌표 위치가 앉은 자세와 일어선 자세가 앞서의 자세 판단 기준 범위 안에 들어오면, 1회씩 동작 카운트를 하도록 하지 근력검사 프로그램을 개발하였다.

Figure 6. Examples of lower muscle strength test using Kinect V2 sensor based measurement program

근력검사

상지근력검사와 하지근력검사는 Rikli & Jones(2001)의 senior fitness test manual의 지침을 참고하였다. 상지근력검사는 30초간 아령들기 검사를, 하지근력검사는 30초간 의자앉아일어나기를 시행하였다.

30초간 아령들기 검사는 아령을 한 손에 쥐고 30초 동안 완전히 팔꿈치를 폈다가 구부린 횟수를 측정하는 것으로 점수가 높을수록 상체의 근기능이 우수한 것을 의미한다.

30초간 의자앉아일어나기 검사는 양팔을 가슴에 교차하고 30초 동안 의자에 앉았다 완전히 일어선 횟수를 측정하는 것으로 점수가 높을수록 하체 근기능이 좋은 것을 의미한다.

자료처리

자료처리는 SPSS(version 21.0, IBM Co., Armonk,

NY, USA)을 이용하여 측정항목별 평균(M)과 표준편차(SD)를 산출하였다. 운동전문가에 의해 측정된 결과와 Kinect 센서 기반 근력검사방법에 의해 측정된 결과 간 신뢰도를 알아보기 위해 two-way mixed 모델을 사용하여 급간내상관계수(Intraclass Correlation Coefficient; ICC)를 구하였다.

또한 Bland-Altman plots 을 제시하여 두 방법의 차이를 파악하고 일치도를 평가하였으며 오차구간의 최대값과 최소값을 구하기 위하여 평균+1.96×표준편차, 평균-1.96×표준편차 값을 계산하였다.

결과

상지근력 검사 결과

운동전문가에 의해 측정된 검사 방법과 Kinect 센서 기반의 상지근력 결과 간 신뢰도의 결과는 <Table 2>에 제시된 바와 같다.

운동전문가에 의해 측정된 검사 방법과 Kinect 센서 기반으로 측정한 상지근력의 검사 결과, ICC가 0.904(95% CI:.614-.976)로 0.80이상 측정되어 매우 높은 검사자간 신뢰도를 보였다.

Bland-Altman 분석을 시행한 결과, 운동전문가에 의해 측정된 검사 방법과 Kinect 센서 기반의 검사 결과의 평균값은 0.6, 오차구간은 -3.44 ~ 4.64로 확인되었다<Figure 7>.

Table 2. Intraclass Correlation Coefficient of EIMUS and KSMUS for upper strength

Variables	Mean±SD	ICCa	95% CI
EIMUS	25.50±3.77	.904	.614 - .976
KSMUS	24.90±3.17		

EIMUS: Exercise Instrntor Measured Upper Strength
KSMUS: Kinect Sensor-based Measured Upper Strength
a: Intraclass correlation coefficients (ICC) using an absolute agreement and single measures definition and two-way mixed effects model

Figure 7. Bland-Altman plot for two measurements

Figure 8. Bland-Altman plot for two measurements

하지근력 검사 결과

운동전문가에 의해 측정된 검사 방법과 Kinect 센서 기반의 하지근력 결과 간 신뢰도의 결과는 <Table 3>에 제시된 바와 같다.

Table 3. Intraclass Correlation Coefficient of EIMLS and KSMLS for lower strength

Variables	Mean±SD	ICC ^a	95% CI
ESMLS	27.90±2.23	.895	.576 - .974
KSMLS	28.20±3.01		

EIMLS: Exercise Instruntor Measured Lower Strength
KSMLS: Kinect Sensor-based Measured Lower Strength
a: Intraclass correlation coefficients (ICC) using an absolute agreement and single measures definition and two-way mixed effects model

운동전문가에 의해 측정된 검사 방법과 Kinect 센서 기반으로 측정된 하지근력의 검사 결과, ICC가 0.895(95% CI:.576-.974)로 0.80이상 측정되어 매우 높은 검사자간 신뢰도를 보였다.

Bland-Altman 분석을 시행한 결과, 운동전문가에 의해 측정된 검사 방법과 Kinect 센서 기반의 검사 결과의 평균값은 -0.3, 오차구간은 -3.50 ~ 2.90으로 확인되었다(Figure 8).

논의

본 연구는 Kinect 센서 기반의 근력검사 가능성을 알아보기 위한 예비연구이다.

최근에는 노인들도 젊은 사람 못지않게 체력에 많은 관심을 가지고 있고, 노후에 자립적이고 활동적인 생활과 일상적인 활동을 위해서는 체력 수준의 유지가 무엇보다도 필요하다. 노인의 체력검사는 활동적이고 자립적 생활을 하고 활력 넘치게 일을 할 수 있는 체력을 유지, 증진시키는데 목적이 있다(Rikli and Jones, 1999). 노인체력검사는 노인이 정상적인 일상활동을 하는데 필요한 신체 기능을 측정하고 평가하기 위해 만들어진 종합검사이다. 또한 나이가 들어 활력이 넘치는 활동을 하는데 필요한 신체적 기능을 평가하는데 목적이 있기 때문에 건강관련 체력검사와는 다른 일상 활동능력과 관련이 많은 생활체력검사이다. 이 노인체력검사는 이미 각 항목의 신뢰성과 타당성이 보고되었기 때문에 다양한 상황에서 사용할 수 있다(Kim et al., 2014).

노인의 근력은 평상시 일상생활의 활동에 많은 영향을 미치는데, 특히 하체의 근력감소는 노년기 장애의 주요한 예측인자이다(Guralnik et al., 2000). 주로 계단 오르거나 보행, 의자나 욕조에서 일어서기 등과 같은 일상 활동에 필요하고, 심할 경우 낙상 사고를 일으키며 이는 노인의 독립적 생활에 지장을 준다(Kannus et al., 2005). 상체 근력은 가방 들기, 손자 안

아주기 등 많은 일을 하는데 중요하고, 많은 연구에 의하면 노인들의 이런 생활능력이 일찍 떨어지는 것은 근력의 감소 때문이라고 하였다(Kim et al., 2014). 이렇듯, 노년기의 근력 유지가 중요하고 하체와 상체 근력의 측정은 노인의 체력평가 및 운동프로그램의 계획에서 매우 중요하다.

따라서 본 연구에서는 노인체력검사 중 상지근력검사인 30초 아령들기와 하지근력검사인 30초 의자 앉아 일어나기 검사를 운동전문가와 Kinect 센서 기반의 근력검사방법으로 동시에 실시하여 두 결과의 차이를 비교하였다. 또한 검사의 객관성을 향상시킬 수 있는 새로운 평가방법으로 Kinect 센서 기반의 근력검사 가능성을 알아보았다.

연구결과 상지근력검사의 ICC는 0.904, 하지근력검사의 ICC는 0.895로 두 종목 모두 ICC값이 0.80이상 측정되어 매우 높은 검사자내 신뢰도를 보였다.

ICC값이 >.75이면 매우 높은(excellent), >.40이면 중간정도의 높은(fair-good), <.40이면 낮은(poor)으로 해석할 수 있는데(Fleiss, 1986), 이 결과를 통하여 2가지 측정도구 즉, 운동전문가와 Kinect 센서 기반의 근력 검사 방법 간에는 차이가 없다고 결론을 내릴 수 있었다.

다만 본 연구에서는 몇 가지 제한점을 가지고 있는데, 연구대상자의 수가 적어 연구의 결과를 일반화하기에 무리가 있고, 단지 가능성을 위한 예비연구로서의 의미를 가질 수 있었다. 또한 연구대상자가 실제로 이 검사를 수행할 노인이 아닌 일반 남성을 대상으로 했기 때문에 노인에게서도 ICC값이 높게 나올 수 있을지 생각해 볼 필요가 있다고 생각된다. 추후 연구에서는 위의 제한점을 수정 보완하여 노인들을 대상으로 한 연구가 수행되어야 할 것이다.

결론

본 연구에서는 Kinect 센서를 통해 노인의 상지근력검사와 하지근력검사를 객관적으로 수행할 수 있는 사용자 프로그램을 개발하였다. 개발된 시스템과 기존의 숙련된 검사자의 측정결과를 비교해 Kinect 센서 기반

의 근력검사의 가능성을 알아보기 위한 예비연구를 시행하여 두 방법 간에 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 Kinect 센서 기반의 근력검사는 노인의 근력을 검사할 수 있는 새로운 객관적인 방법으로 추천될 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- Agmon M., Perry C. K., Phelan E., Demiris G., & Nguyen H. Q. (2011) A pilot study of Wii Fit exergames to improve balance in older adults. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 34(4): 161-167.
- Clark R., & Kraemer T. (2009). Clinical use of Nintendo Wii bowling simulation to decrease fall risk in an elderly resident of a nursing home: a case report. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 32(4): 174-180.
- Douris P. C., McDonald B., Vespi F., Kelley N. C., & Herman L. (2012). Comparison between Nintendo Wii Fit aerobics and traditional aerobic exercise in sedentary young adults. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(4): 1052-1057.
- Fleiss J. L. (1986). Analysis of data from multiclinic trials. *Control of Clinical Trials*, 7: 267-275.
- Garcia J. A., Felix Navarro K., Schoene D., Smith S. T., & Pisan Y. (2012). Exergames for the elderly: towards an embedded Kinect-based clinical test of falls risk. *Stud Health Technol Inform*, 178: 51-57.
- Guralnik J. M., Ferrucci L., Pieper C. F., Leveille S. G., Markides K. S., Ostir G. V., Studenski S., Berkman L. F., & Wallace R. B. (2000). Lower extremity function and subsequent disability: consistency across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the short physical performance battery. *The*

- journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 55: M221-231
- Kannus P., Sievänen H., Palvanen M., Järvinen T., & Parkkari, J. (2005). Prevention of falls and consequent injuries in elderly people. *Lancet*, 366(9500): 1885-1893.
- Keith N. R., Stump T. E., & Clark D. O. (2012). Developing a self-reported physical fitness survey. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Jul;44(7): 1388-1394.
- Kim H. S., Jung Y. S., & Park W. Y. (2014). *Senior Fitness Test Manual(2nd Edition)*. Deahanmedia
- Kim J. K., Kim S. K., Joo Y. H., & Park J. B. (2012). Human posture recognition using Kinect sensor. *The Korean Institute of Electrical Engineers*. 7: 1371-1372..
- Rikli R. E., & Jones C. J. (2001). *Senior fitness test manual*. Champaign, IL: Human Kinetics, 161.
- Rikli R. E., & Jones C. J. (1999). Functional fitness normative scores for community-residing older adults ages 60-90. *Journal of Aging and Physical Activity*. 7(2): 162-181.
- Rosenberg I. H. (1997). Sarcopenia: origins and clinical relevance. *Journal of Nutrition*. 127(5 Suppl): 990S-991S.
- Schilke J. M. (1991). Slowing the aging process with physical activity. *Journal of Gerontological Nursing*. 17(6): 4-8.
- Statistics on the aged. (2015). from <http://kostat.go.kr>
- Zamboni M., Mazzali G., Fantin F., Rossi A., & Di Francesco V. (2008). Sarcopenic obesity: a new category of obesity in the elderly. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 18: 388-395.