

# 디지털 중량제어기술을 활용한 고령친화운동기구의 인간공학적인 분석

김보건<sup>1</sup>, 장영관<sup>2\*</sup>, 하종규<sup>3</sup>, 백준영<sup>4</sup>

<sup>1</sup>인제대학교 스포츠헬스케어학과, <sup>2</sup>강원대학교 산업경영공학과, <sup>3</sup>(주)알엔디비, <sup>4</sup>(주)론펙

## Ergonomic Analysis for the Aging-Friendly Exercise Device Utilized on the Digital Load Control Technology

Bo-Kun Kim<sup>1</sup>, Young-Kwan Jang<sup>2\*</sup>, Chong-Ku Hah<sup>3</sup>, Jun-Young Baek<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Sports Health Care, Inje University

<sup>2</sup>Department of Industrial and management Engineering, Kangwon National University

<sup>3</sup>Research and Data Bank Incorporation, <sup>4</sup>Ronfic

**요약** 노쇠의 관리를 위해 근력운동의 중요성이 강조되고 있고 다양한 운동기구들이 개발되어지고 있다. 최근에는 전자기 저항을 디지털 중량으로 변환하여 제어하는 디지털 중량제어기술이 주목을 받고 있으나 국내에서 고령자를 대상으로 하여 디지털 중량제어기술 기반 운동기구의 효과성과 안전성을 검증한 보고는 전무하다, 따라서, 본 연구는 디지털 중량제어기술을 활용한 고령친화운동기구의 인간공학적인 분석을 통하여 이후 개발방향의 지표 제시를 목적으로 하였다. 총 20명의 성인 남녀 (연령:  $62.40 \pm 2.09$  세) 를 대상으로 적용 가능한 운동강도를 분류하기 위하여 운동기구의 부하를 레벨화하였고, 세가지 실험대상 동작시의 근 활성도와 심박수를 측정하였다. 또한, 국제 표준 ISO 9241-11에 준거한 설문지를 활용하여 소프트웨어부와 기기부의 안정성, 조작성, 효율성, 만족도 등을 평가하였다. 그 결과, 운동 부하, 근 활성도, 심박수가 일관되게 증가하는 결과를 통해서 현장에서 적용 가능한 3단계의 운동 강도를 분류할 수 있었다. 모니터 사이즈의 확대, 메뉴의 한글화, 기구의 소형화, 소음의 최소화가 필요한 것으로 나타났다. 이러한, 결과들을 고려할 때 향후 신제품 개발시에는 기구 크기, 표시부, 소음의 보안을 통한 고도화된 고령친화운동기구 개발의 필요성이 시사되어 진다.

**Abstract** For frailty management, the importance of resistance exercise has been emphasized, and various devices have been developed. Recently, digital weight control technology that converts electromagnetic resistance to a digital weight is attracting attention, but there are no reports confirming the effectiveness and safety of the device for seniors in Korea. This study conducted a biomechanic-based ergonomic analysis of an elderly-friendly exercise device utilized in digital load control technology to suggest a direction for development. Twenty seniors (age:  $62.40 \pm 2.09$  years) were included. The load of the device was classified into three levels, and the muscle activity and heart rate were assessed during three experimental motions. A questionnaire based on the International Organization for Standardization 9241-11 was adopted to evaluate the stability, operability, efficiency, and satisfaction with the software and device. The program could be divided into three exercise intensities that can be utilized in the field depending on whether the exercise load, muscle activity, and heart rate were consistent. The monitor size needed to be enlarged to make the menu Korean, reduce the device size, and minimize noise. Considering these findings, the development of an advanced age-friendly exercise device by improving the size, display, and noise is suggested.

**Keywords** : Age-friendly exercise device, EMG, Ergonomics, Exercise intensity, Heart rate

\*Corresponding Author : Young-Kwan Jang(Kangwon Univ.)

email: ykjang@kangwon.ac.kr

Received December 28, 2020

Accepted March 5, 2021

Revised February 16, 2021

Published March 31, 2021

## 1. 서론

대한민국은 2019년 기준 고령자 인구가 768만5천명으로 전체인구의 14.9%를 차지하여 고령사회(aged society)에 진입하였다[1]. 2025년에는 고령자 인구가 1000만명을 돌파하고 전체인구에서 차지하는 비율이 20%를 넘어서는 초고령사회(post-aged society)에 진입할 것으로 예상되고 있다[1]. 이같은 급격한 고령화는 전세계적으로도 유례를 찾아보기 힘든 것으로 노후생애기가 장기화됨에 따라 다양한 노인성 질환을 예방하고 치료하기 위한 사회보장 및 보건의료비용이 급격히 증가하고 있어서 대책 마련이 시급하다고 할 수 있다[2].

최근, 고령자 건강관리의 핵심전략으로 노쇠 (frailty)의 조기발견과 적극적인 관리가 대두되고 있다[3]. 노쇠는 나이가 들면서 서서히 발생하는 정상적인 기능저하 및 퇴화의 과정인 노화(aging)와는 다르게 신체 내외부에서 발생하는 스트레스에 대항하는 생리적 능력이 급격하게 감소함을 의미한다[4]. 이러한 노쇠의 관리를 위해 신체 활동, 특히 근육을 수축하는 근력운동의 중요성이 강조되고 있고 고령자를 위한 다양한 운동기구들이 개발되고 있다[3, 5].

그러나, 대부분의 운동기구들은 운동중량 변경 시 무거운 원판을 수동적으로 조절해야 하므로 취급상의 위험이 수반될 뿐만 아니라 운동의 수행정도를 별도로 기록해야 하는 번거로움이 따른다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 대안으로 전자기 저항을 디지털 중량으로 변환하여 제어하는 디지털 중량제어 기술이 주목을 받고 있다.

하지만, 현재까지 국내에서 고령자를 대상으로 하여 디지털 중량제어기술 기반 운동기구들의 효과성과 안전성을 검증한 보고는 전무한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 고령자에게 효과성과 안전성이 높은 디지털 중량제어기술을 활용한 고령친화운동기구의 개발을 목적으로 사용성 평가항목의 정량적, 정성적 변인이 포함된 생체역학기반 인간공학적 분석을 실시하여 이후의 개발방향의 지표를 제시하고자 하였다[6, 7].

## 2. 연구방법

### 2.1 연구대상

연구대상자는 신체적·정신적으로 특별한 질환이 없는 60세 이상의 성인 남녀 20명으로 실험의 목적과 절차에 대한 충분히 설명을 들은 후 연구 참여에 동의한 자로 선

정하였다. 연구대상자들의 신체특성 기본정보는 Table 1 과 같다.

Table 1. Anthropometric characteristics of study subjects



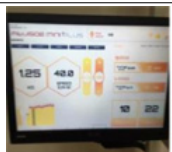
Age, yrs	62.40 ± 2.09
Height, cm	156.70 ± 4.67
Weight, kg	53.35 ± 6.04
BMI,kg/cm2	21.69 ± 1.96

### 2.2 연구도구

#### 2.2.1 사용성 평가대상 운동기구

생체역학 기반 사용성 평가대상 운동기구의 개요는 Table 2 와 같다.

Table 2. Overview of exercise equipment




Product	Digital weight control technology based age-friendly exercise equipment	
Use	Exercise and rehabilitation	
Hardware	Front	
	Side	
	Monitor	
Height: 210 cm, wide: 200 cm, length: 100 cm, weight: 180 kg		
Software	- Digital weight control technology - Exercise status and information management system - User monitoring system	

#### 2.2.2 실험대상 동작

실험대상 동작들은 일상생활 속에서 고령자들이 수행하는 “물건을 아래에서 위로 올리는 동작, 위에서 아래로 내리는 동작, 문을 여는 동작” 들을 고려하여 Table 3 과 같은 3가지 동작들을 선정하였다. 각각의 동작들은 3회

씩 반복되었는데 많은 선행연구들에서 연구대상자들의 신체적 부담을 최소화하면서 신뢰성있는 데이터를 수집하기 위해서 반복횟수 3회를 채택하고 있다[8, 9].

Table 3. Experimental target motions

		
Motion 1 Pulling from the bottom to the top at the standing position	Motion 2 Pulling from the top to the bottom at the standing position	Motion 3 Pulling to the back at the standing position

### 2.3 측정 장비

인체가 움직일 때 발현되는 근육의 수축 및 이완의 전기적 신호를 통해 근육의 움직임 정도와 간접적인 근력을 측정하기 위한 Wave wireless EMG와 대상동작들을 수행 할 때 실시간 심박수를 측정하기 위하여 Polar RCX5를 사용하였다.

### 2.4 사용성 평가 방법

#### 2.4.1 정량적 사용성 평가

##### 2.4.1.1 운동부하 레벨화

실험대상자가 3가지 실험 대상동작을 수행 할 때 운동부하 레벨을 단일화하기 위한 좌·우측의 통합 모드별 운동부하 범주는 1RM에 더 근접할 수 있는 최대값을 선정하여 상·하한값을 선정하였다. 신체 좌·우측을 측정하여 좌·우의 평균치를 변인으로 채택하였다.

##### 2.4.1.2 근 활성화도 (EMG)

동작의 특성에 따라 최대 14개 근육(전면 삼각근, 상완 이두근, 대퇴직근, 후면 삼각근, 상완 삼두근, 광배근, 척추기립근, 대퇴 이두근)의 좌·우 근 활성화도를 측정하였다. 측정된 근 활성화도 (EMG) 데이터는 Visual3D (C-motion Inc., USA) 응용 프로그램을 이용하여 RMS로 정류화(Rectification)하였으며 Sousa and Tavares (2012)에서 권고하는 동적동작에 적용되는 mRMS를 이용하여 운동강도별 근활성도 범위(최소치 ~ 최대치)를 도출하였다. 연구대상자들 전원이 오른손·발 잡이였으

므로 오른손·발을 축으로 하여 각각의 동작을 수행하도록 하여 근활성도를 측정한 후에 좌·우측의 평균치를 변인으로 채택하였다[10].

#### 2.4.1.3 심박수

실험대상자가 3가지 실험 대상동작을 수행할 때의 실시간 심박수를 변인으로 채택하였다.

### 2.4.2 정성적 사용성 평가

#### 2.4.2.1 설문지 빈도 분석

국제 표준 ISO 9241-11에 준거하여 소프트웨어부(22문항)와 기기부(13문항)의 안정성, 조작성, 효율성, 만족도등을 평가하는 오점척도 설문지를 개발하여 운동기구의 정성적 사용성 평가를 하였다. 각 평가항목은 “매우 그렇다, 그렇다, 아니다, 매우 아니다”로 평가하였다.

#### 2.4.2.2 설문지 주관적 분석

“제품 사용 시 불편사항, 개선할 점, 느낀 점”을 자유롭게 작성하도록 하여 사용자별 주관적 서술내용에 대한 키워드 분석을 실시하였다.

### 2.5 자료처리

통계분석은 SPSS 23.0을 이용하여 수행되었는데 정량적 변인의 분석을 위해 실험동작 3회의 중간치를 선정하고 이상치를 제거한 데이터를 이용하여 기술통계량을 구하였다. 정성적 변인의 분석을 위해서는 빈도분석과 키워드 분석을 사용하였다.

## 3. 결과

### 3.1 정량적 결과

#### 3.1.1 운동부하에 따른 운동강도 레벨화

등장성 및 등속성 모드에서의 운동부하 레벨의 결과는 다음과 같다(Table 4, Table 5). 실험변인 결과들이 일관성 있게 나타나 고평가를 대상으로 현장의 운동프로그램으로 적용 가능한 운동강도(저,중,고 3단계)를 분류할 수 있었다. 그러나, 저중, 중고 강도의 경계선이 모호하였고 등장성 모드의 운동강도 범위가 등속성 보다 최소 3.7% ~ 최대 61.8% 더 크게 나타났다.

Table 4. Leveling of isotonic exercise mode

Motion 1	
Intensity	Integration
Low	1.0 ~ 2.8
Middle	2.8 ~ 4.0
High	4.0 ~ 5.5
Motion 2	
Intensity	Integration
Low	1.0 ~ 4.4
Middle	4.4 ~ 6.3
High	6.3 ~ 8.0
Motion 3	
Intensity	Integration
Low	1.0 ~ 3.4
Middle	3.4 ~ 5.3
High	5.3 ~ 7.4

Table 5. Leveling of isokinetic exercise mode

Motion 1	
Intensity	Integration
Low	1.0 ~ 1.7
Middle	1.7 ~ 2.6
High	2.6 ~ 3.7
Motion 2	
Intensity	Integration
Low	1.0 ~ 2.3
Middle	2.3 ~ 3.5
High	3.5 ~ 4.9
Motion 3	
Intensity	Integration
Low	1.0 ~ 2.9
Middle	2.9 ~ 4.3
High	4.3 ~ 6.1

### 3.1.2 근 활성화

평가대상 운동기구의 운동강도 레벨 및 운동 모드에 따른 3개 동작의 등장성 수축 근활성도 (Table 6 ~ Table 8) 와 등속성 수축 근활성도 (Table 9 ~ Table 11) 의 측정 결과, 모든 동작 및 운동 모드에서 고강도로 갈수록 전면 삼각근, 상완이두박근, 대퇴직근, 후면 삼각근, 상완삼두박근, 광배근, 척추기립근, 대퇴이두근의 근활성도가 높아지는 일관된 경향성이 확인되었다.

Table 6. Muscle activity induced by isotonic motion 1

Muscle	Low intensity	Middle intensity	High intensity
Front deltoid	0.0523 ~ 0.1681	0.0005 ~ 0.1814	0.0005 ~ 0.2004
Biceps	0.0159 ~ 0.1403	0.0005 ~ 0.1048	0.0005 ~ 0.1255
Rectus femoris	0.0056 ~ 0.0175	0.0004 ~ 0.0195	0.0004 ~ 0.0225
Rear deltoid	0.0005 ~ 0.0603	0.0005 ~ 0.0707	0.0051 ~ 0.1165
Triceps	0.0182 ~ 0.0585	0.0004 ~ 0.0514	0.0005 ~ 0.0884
Latissimus dorsi	0.0067 ~ 0.0372	0.0005 ~ 0.0378	0.0005 ~ 0.0413
Elector spinae	0.0213 ~ 0.0693	0.0005 ~ 0.0495	0.0005 ~ 0.0564
Biceps femoris	0.0227 ~ 0.0567	0.0005 ~ 0.0426	0.0005 ~ 0.0684

Table 7. Muscle activity induced by isotonic motion 2

Muscle	Low intensity	Middle intensity	High intensity
Front deltoid	0.0005 ~ 0.1080	0.0005 ~ 0.0950	0.0005 ~ 0.1104
Biceps	0.0005 ~ 0.1001	0.0005 ~ 0.0967	0.0005 ~ 0.0806
Rectus femoris	0.0004 ~ 0.0242	0.0005 ~ 0.3265	0.0005 ~ 0.0341
Rear deltoid	0.0005 ~ 0.0621	0.0005 ~ 0.0971	0.0005 ~ 0.1087
Triceps	0.0005 ~ 0.0476	0.0005 ~ 0.0667	0.0004 ~ 0.0830
Latissimus dorsi	0.0007 ~ 0.0227	0.0005 ~ 0.1158	0.0005 ~ 0.0243
Elector spinae	0.0005 ~ 0.0259	0.0004 ~ 0.0249	0.0004 ~ 0.0228
Biceps femoris	0.0005 ~ 0.0394	0.0005 ~ 0.0465	0.0005 ~ 0.0362

Table 8. Muscle activity induced by isotonic mode 3

Muscle	Low intensity	Middle intensity	High intensity
Front deltoid	0.0005 ~ 0.0386	0.0005 ~ 0.0462	0.0005 ~ 0.0537
Biceps	0.0005 ~ 0.0361	0.0005 ~ 0.0424	0.0005 ~ 0.0527
Rectus femoris	0.0004 ~ 0.0234	0.0004 ~ 0.0253	0.0004 ~ 0.0285
Rear deltoid	0.0005 ~ 0.1440	0.0017 ~ 0.1703	0.0005 ~ 0.1876
Triceps	0.0005 ~ 0.0719	0.0005 ~ 0.0725	0.0005 ~ 0.0905
Latissimus dorsi	0.0005 ~ 0.0193	0.0004 ~ 0.0294	0.0005 ~ 0.0344
Elector spinae	0.0005 ~ 0.0273	0.0004 ~ 0.0305	0.0005 ~ 0.0345
Biceps femoris	0.0004 ~ 0.0251	0.0004 ~ 0.0370	0.0004 ~ 0.0496

Table 9. Muscle activity induced by isokinetic motion 1

Muscle	Low intensity	Middle intensity	High intensity
Front deltoid	0.0005 ~ 0.2190	0.0005 ~ 0.2255	0.0025 ~ 0.2223
Biceps	0.0005 ~ 0.1069	0.0005 ~ 0.1247	0.0005 ~ 0.1192
Rectus femoris	0.0004 ~ 0.0216	0.0005 ~ 0.0200	0.0005 ~ 0.0196
Rear deltoid	0.0058 ~ 0.1476	0.0079 ~ 0.1737	0.0005 ~ 0.1633
Triceps	0.0005 ~ 0.0903	0.0005 ~ 0.1002	0.0005 ~ 0.0980
Latissmus dorsi	0.0005 ~ 0.0597	0.0005 ~ 0.1025	0.0005 ~ 0.1445
Elector spinae	0.0004 ~ 0.0556	0.0005 ~ 0.0597	0.0005 ~ 0.0535
Biceps femoris	0.0005 ~ 0.0616	0.0005 ~ 0.0607	0.0003 ~ 0.0628

Table 10. Muscle activity induced by isokinetic motion 2

Muscle	Low intensity	Middle intensity	High intensity
Front deltoid	0.0005 ~ 0.1476	0.0004 ~ 0.2370	0.0005 ~ 0.1443
Biceps	0.0005 ~ 0.0659	0.0004 ~ 0.0808	0.0004 ~ 0.0833
Rectus femoris	0.0005 ~ 0.0239	0.0004 ~ 0.0246	0.0005 ~ 0.0274
Rear deltoid	0.0005 ~ 0.0617	0.0025 ~ 0.0706	0.0005 ~ 0.0881
Triceps	0.0005 ~ 0.0588	0.0005 ~ 0.3834	0.0004 ~ 0.0923
Latissmus dorsi	0.0005 ~ 0.0225	0.0005 ~ 0.0369	0.0005 ~ 0.0262
Elector spinae	0.0004 ~ 0.0231	0.0004 ~ 0.0369	0.0004 ~ 0.0249
Biceps femoris	0.0005 ~ 0.0344	0.0005 ~ 0.0308	0.0005 ~ 0.0283

Table 11. Muscle activity induced by isokinetic motion 3

Muscle	Low intensity	Middle intensity	High intensity
Front deltoid	0.0025 ~ 0.0514	0.0004 ~ 0.0508	0.0005 ~ 0.0529
Biceps	0.0005 ~ 0.0479	0.0004 ~ 0.0564	0.0004 ~ 0.0633
Rectus femoris	0.0004 ~ 0.1204	0.0004 ~ 0.0209	0.0005 ~ 0.0222
Rear deltoid	0.0005 ~ 0.0442	0.0031 ~ 0.1534	0.0042 ~ 0.2045

Triceps	0.0005 ~ 0.0222	0.0004 ~ 0.0825	0.0005 ~ 0.0877
Latissmus dorsi	0.0004 ~ 0.0402	0.0004 ~ 0.0389	0.0005 ~ 0.0421
Elector spinae	0.0003 ~ 0.0305	0.0004 ~ 0.0297	0.0004 ~ 0.0396
Biceps femoris	0.0005 ~ 0.0483	0.0005 ~ 0.0547	0.0005 ~ 0.0738

### 3.1.3 심박수

3가지 운동강도에서 실시한 3가지 동작의 등장성 (Figure 1) 및 등속성 (Figure 2) 모드의 심박수 측정 결과, 모든 동작에서 고강도로 갈수록 심박수가 증가하는 경향이 확인되었다. 그러나, 등장성보다는 등속성에서 평균 심박수와 최대 심박수가 각각 3.4%, 2.9% 높게 나타났다.

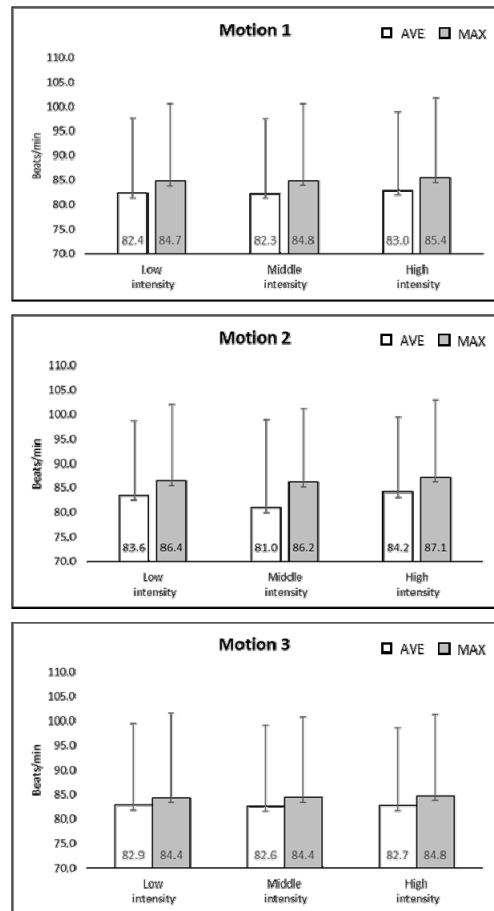


Fig. 1. Heart rate during isotonic motion

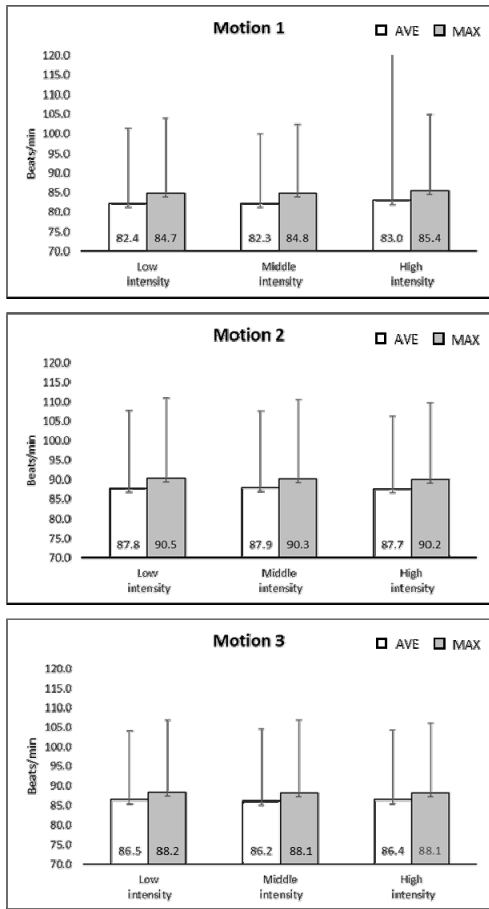


Fig. 2. Heart rate during isokinetic motion

### 3.1.4 정성적 결과 (설문지)

소프트웨어부의 조작성, 학습성, 만족도, 유효성에 대한 빈도 분석 결과(Table 12), 소프트웨어부의 경우, 각 영역에서 “매우 그렇다” 혹은 “그렇다”의 긍정적인 대답이 각각 85.0%, 75.7%, 82.8%, 82.6%였고 “아니다” 혹은 “매우 아니다”의 부정적인 대답이 각각 15.0%, 24.4%, 17.2%, 17.5%였다. 기기부의 경우, 각 영역에서 “매우 그렇다” 혹은 “그렇다”의 긍정적인 대답이 73.8%, 92.6%, 81.7%, 92.5%였고 “아니다” 혹은 “매우 아니다”의 부정적인 대답이 각각 26.3%, 7.5%, 18.3%, 7.5%였다.

기기부의 조작성, 학습성, 만족도, 유효성에 대한 주관적 분석 결과 (Table 13), 진동운동 (45%), 모니터 사이즈의 확대 및 메뉴의 한글화 (40%), 기구의 소형화 (25%), 그리고, 소음의 최소화 (25%) 에 관련된 개선점이 있었다.

Table 12. Frequency analysis of questionnaire

Software section				
	Very agree	Agree	Dis-agree	Very dis-agree
Operation, %	23.3	61.7	13.3	1.7
Learning, %	18.8	56.9	20.0	4.4
Satisfaction, %	27.1	55.7	13.6	3.6
Availability, %	23.8	58.8	17.5	0.0
Device section				
	Very agree	Agree	Dis-agree	Very dis-agree
Safety, %	30.0	43.8	21.3	5.0
Effectiveness, %	36.3	56.3	7.5	0.0
Learning, %	51.7	30.0	15.0	3.3
Satisfaction, %	45.0	47.5	5.0	2.5

Table 13. Keyword analysis of questionnaire

Keyword	Frequency	Content
Vibration	9/20 (45%)	Positive evaluation
Monitor	8/20 (40%)	Monitor and english needs to be enlarged and korean, respectively
Noise	5/20 (25%)	Negative evaluation
Miniaturization	5/20 (25%)	Exercise equipment needs to be miniaturized

## 4. 논의

본 연구는 고령자에게 효과성과 안전성이 높은 디지털 중량제어기술을 활용한 고령친화운동기구의 개발을 목적으로 사용성 평가항목의 정량적, 정성적 변인이 포함된 생체역학기반 인간공학적 분석을 실시하여 이후의 개발 방향의 지표를 제시하고자 하였다.

고령자의 경우 일반적으로 헬스센터에서 운동 도구와 관계없이 제시되는 운동강도를 수행 하는 것은 바람직하지 않으며 특정 운동기구에 대한 고령자 맞춤형 운동강도 레벨화는 매우 의미가 있으며 현장에서 바로 적용할 수 있는 유용한 수단이라 판단된다. 본 운동기구의 경우, 실험변인 결과들이 일관성 있게 나타나 고령자를 대상으로 한 운동프로그램으로 적용 가능한 운동강도(저,중,고 3단계)를 분류할 수 있었다. 이는 제품의 핵심적인 디지털 중량제어 기술이 안정적인 작동이 이루어지기 때문이며 전반적인 완성도는 우수한 것으로 판단된다. 그러나, 고령자의 경우 운동강도 분류는 저중, 중고 강도의 경계

선이 모호함을 나타내 고령자의 경우 2범주 운동강도 구분도 고려할 만한 사항이라고 생각된다. 또한, 등장성 모드의 운동강도 범위가 등속성 보다 최소 3.7% ~ 최대 61.8% 더 크게 나타났으므로 등장성 모드를 이용한 운동 처방시에는 다소 주의가 요구된다고 할 수 있다.

등장성 수축운동에서 3개 동작과 근육 마다 다소 차이가 있었지만 각 동작의 주동근 중 대근육의 경우 전반적으로 강도가 높아질수록 근활성도가 커지는 경향을 보였으며 이는 강도가 높을수록 근력(운동단위)이 많이 동원됨을 나타낸다. 분석대상 제품에서는 근활성값이 제시되지 않고 파워값이 제시되므로 기재시한 운동강도에 따라 파워를 구한 후 등장성 수축(Isotonic contraction)에서  $P = F \cdot V$ 에서 V를 간접적으로 도출하고 또한 파워와 근활성도 주종관계 즉 회귀식을 구할 수 있는 단서 자료로 제공하는 것은 매우 유용하다고 판단된다.

등속성 수축운동에서도 등장성 수축운동과 유사하게 3개 동작과 근육 마다 다소 차이가 있었지만 각 동작의 주동근 중 대근육의 경우 전반적으로 강도가 높아질수록 근활성도가 커지는 경향을 보였다. 본 운동장비에서는 근활성값이 제시되지 않고 파워값이 제시되므로 기재시한 운동강도에 따라 파워를 구한 후 등속성 수축(Isokinetic contraction)에 V가 일정한 상수이므로 P와 F 관계를 비교할 수 있는 간접적 도출과, 파워와 근활성도 주종관계 즉 회귀식을 구할 수 있는 단서 자료로 제공하는 것은 매우 바람직하다.

등장성 모드에서 분당심박수(bpm)는 동작에 따라 다소 차이가 있었으나 운동강도가 높아질수록 최대 심박수 또는 평균 심박수가 증가하는 경향을 보였다. 특히, 저강도 대비 고강도는 현저한 증가현상을 나타내었으나 저강도와 중강도, 중강도와 고강도 사이에는 표준편차를 고려할 경우 차이가 나지 않는 경우도 있었다. 이는 고령자를 대상으로 할 경우 저중, 중고 강도의 경계선이 모호함을 나타내며 대상에 따라 2범주 운동강도 구분도 고려할 만한 사항이라고 할 수 있다.

등속성 모드에서는 등장성 모드에서와 유사하게 분당 심박수(bpm)는 동작에 따라 다소 차이가 있었으나 운동강도가 높아질수록 최대 심박수 또는 평균 심박수가 전반적으로 증가하는 경향을 보였다. 특히, 저강도와 고강도에서는 뚜렷한 증가 현상을 나타내었으나 저강도와 중강도, 중강도와 고강도 사이에는 표준편차를 고려할 경우 차이가 나지 않는 경우도 있었다. 이러한 결과를 근거로 대상자가 고령자인 경우 등장성 모드와 동일하게 2범주 운동강도의 구분이 고려되어 진다고 할 수 있다.

한편, 등장성보다는 등속성 모드의 운동에서 평균 심박수와 최대 심박수가 각각 3.4%, 2.9% 높게 나타났는데 근육의 이완과 수축시에 지속적으로 동일한 근력을 발휘해야하는 등속성 운동의 특성이 반영된 결과라고 할 수 있다.

소프트웨어부와 기기부의 조작성, 학습성, 만족도, 유효성 평가결과 모든 평가영역에서 긍정적인 평가가 압도적으로 많았다. 이 결과는 본 운동장비의 높은 완성도를 보여주는 것이라 할 수 있으나 진동, 모니터 크기, 영문 메뉴, 소음은 보완이 필요한 것으로 생각된다.

## 5. 결론 및 제언

본 연구에서는 고령자를 대상으로 디지털 증량제어 기술을 활용한 운동기구의 생체역학기반 인간공학적 분석을 실시하고 효과성과 안전성을 검증하여 고령친화운동기구 개발방향의 지표를 제시하는 것을 목적으로 하였다. 그 결과는 다음과 같다. 첫째, 운동부하 증가와 더불어 근활성도 및 심박수가 일관되게 증가하였다. 이러한 결과를 통해서 현장에서 적용 가능한 저·중·고 3단계의 운동강도를 분류할 수 있었을 뿐만 아니라 유의한 효과성이 검증되었다. 둘째, 진동운동, 모니터 사이즈의 확대 및 메뉴의 한글화, 기구의 소형화, 그리고, 소음 최소화 등의 개선점은 있으나 안전성에는 문제가 없는 것으로 확인되었다. 위의 두 결과들을 통해서 디지털 증량제어 기술을 기반으로 진동기능이 추가되고 모니터 및 소음이 보완된 보다 고도화된 고령친화운동기구의 개발을 제언한다.

## REFERENCES

- [1] H. K. Shin & I. S. Jo. (2020). A Study on the Spatial and Operational Characteristics of Community Care Facilities for Healthy Life of the Elderly - Focusing on the Case of Comprehensive Care Facility in Higashinari-Ku, Osaka, Japan. Journal of the Korean Institute of Spatial Design. 15(4), 49-62. DOI : <https://doi.org/10.35216/kisd.2020.15.4.49>
- [2] K. A. Kim & H. S. Nho (2020). Proposal of VO2max Estimation Formula Using Activity of Daily Living Measurement of Elderly Men and Women. The Korean Journal of Growth and Development. 28(2), 137-143. DOI : <https://doi.org/10.34284/KJGD.2020.05.28.2.137>
- [3] S. J. Park, B. G. Ko, J. H. Song, H. S. Song, J. W. Chung, S. H. Park & M. H. Lee (2016). Frailty, Physical



Activity and Functional Fitness in the Community-dwelling Elderly. Korean Journal of Sports Science, 27(2), 234-244.

DOI: <https://doi.org/10.24985/kjss.2016.27.2.234>

- [4] L. P. Fried., C. M. Tangen, J. Walston, A. B. Newman, C. Hirsch, J. Gottdiener, T. Seeman, R. Tracy, W. J. Kop, G. Burke & M. A. McBurnie. (2001). Frailty in older adults: evidence for a phenotype. The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 56(3), M146-M157.  
DOI: <https://doi.org/10.1093/gerona/56.3.m146>
- [5] M. K. Yoon, K. S. Song & H. S. Kim. (2017). A Study on the Design of Muscle Fitness Equipment Considering the Physical Characteristics of the Elderly. Journal of the Korean Society of Design Culture, 23(1), 404-415.  
DOI: <https://doi.org/10.18208/ksdc.2017.23.1.403>
- [6] Y. K. Jang, S. Y. Hong, I. Y. Jang. (2017). Biomechanical Comparison during Isolation Movement in B-boy and K-pop Dancers. Journal of Convergence for Information Technology, 7(2), 91-99.  
DOI: <https://doi.org/10.22156/CS4SMB.2017.7.2.091>
- [7] C. K. Hah, Y. K. Jang, J. H. Kim (2019). A Biomechanics-Based Ergonomic Analysis for Footware Development. Journal of Convergence for Information Technology, 9(8), 140-147.  
DOI: <https://doi.org/10.22156/CS4SMB.2019.9.8.140>
- [8] B. K. Kim, T. H. Tsujimoto, R. N. So, X. G. Zhao, S. C. Oh, K. J. Tanaka (2017). Changes in Muscle Strength after Diet-induced Weight Reduction in Adult Men with Obesity: A Prospective Study. Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy, 9, 187-194.  
DOI: <https://doi.org/10.2147/DMSO.S132707>
- [9] B. K. Kim & S. Y. Kim (2020). Influences of Resistance versus Aerobic Exercise on Physiological and Physical Fitness Changes in Previously Inactive men with Obesity: A Prospective, Single-Blinded Randomized Controlled Trial. Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy, 13, 267-276.  
DOI: <https://doi.org/10.2147/DMSO.S231981>
- [10] C. K. Ha, W. S. Jeong, S. U. Hong, Y. K. Jang, J. S. Ki (2015). Biomechanical Research on Forward Gait with Backward Mechanism. Journal of the Korean Academia-Industrial cooperation Society, 16(11), 7285-7292.  
DOI : <https://doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.11.7285>

김 보 건(Bo-Kun Kim)

[정회원]



- 2013년 3월 : 츠크바대학교 인간 종합과학연구과 (건강스포츠과학 석사)
- 2016년 2월 : 츠크바대학교 인간 종합과학연구과 (스포츠의학박사)
- 2016년 9월 ~ 현재 : 인제대학교 스포츠헬스케어학과 강사

<관심분야>

고령자, 운동

장 영 관(Young-Kwan Jang)

[정회원]



- 1986년 2월 : 한양대학교 산업공학과 (공학사)
- 1996년 8월 : 한양대학교 산업공학과 (공학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 산업경영공학과 교수

<관심분야>

인간공학, 정보시스템

하 중 규(Chong-Ku Hah)

[정회원]



- 1981년 2월 : 한양대학교 산업공학과 (공학사)
- 1997년 2월 : 한양대학교 산업공학과 (공학석사)
- 2001년 1월 ~ 현재 : ㈜ 알앤디비 대표

<관심분야>

제품사용성평가, 생체신호 빅데이터



백 준 영(Jun-Young Baek)

[정회원]



- 2006년 2월 : 부산대학교 기계공학  
학과 (공학사)
- 2007년 8월 : 부산대학교 기계공학  
학과 (공학석사)
- 2016년 2월 ~ 현재 : ㈜ 론픽 대  
표

〈관심분야〉

무인화 기술, 로봇융합