

고령자 건강증진을 위한 저항성 운동처방 시스템 구축에 관한 연구*

왕 종 수** · 손 락 성***

A Study on the Development of Resistance Exercise Prescription System for the Health Improvement of the Older Adults

Wang, Jong Soo · Son, Lak Seong

〈Abstract〉

Physical manifestations of aging due to the lack of exercise include the slowing down of motor learning, cardiopulmonary degradation, and the increasing difficulty to adapt to the environment. Aging is manifested with the lack of aerobic exercise work, decrease in muscular endurance, decline in skeletal and muscular strength, flexibility and agility, and the decrease in reaction speed and balance. Added to those are aging-related physiological changes, including the reduction of muscle bulk, increased body fat, decrease in total body water and basic metabolic rate as activities are reduced, and a decrease in cell and Lean Body Mass (LBM). These changes are known to cause problems.

Interest and participation in appropriate physical activities among the elderly is needed to help them increase stamina, avoid diseases, maintain a clear intellect, and basically enable the elderly to live their daily lives as easy as possible.

Therefore, physical activities are necessary for the elderly to enhance health-related factors. Special exercises should be performed for the enhancement of muscle function, muscle endurance, flexibility, agility, and balance. An accurate measurement of cardio-respiratory endurance and stamina through basic physical and cognitive characteristics of older adults is also required to ensure safety. Also, the development of a more scientific resistance exercise prescription system for the elderly is desperately needed.

Key Words : Elderly, Resistance exercise prescription system, Health-related factors

I. 서론

노년기에 나타나는 신체적인 특징은 운동부족으로 인

한 체력저하로 운동기능이 둔화되고, 심폐기능과 면역 능력의 부족으로 쉽게 병이 걸리고 주위환경에 대한 적응력이 저하되는 노화현상이 나타난다. 노령화가 되어가면서 최대 유산소성 운동량 부족, 근지구력, 골격근의 양과 근력의 감소, 유연성과 민첩성, 반응속도와 균형 감각이 저하되는 것은 잘 알려진 사실이다. 또한 노화에 따른

* 이 논문은 2008년도 서일대학 학술연구비의 지원에 의해 연구되었음.

** 서일대학 인터넷정보과 교수

*** (주)오투런 기술연구소장

생리학적인 변화에 따라 기능의 감소를 나타내는데 특히 근골격계의 변화로는 근육 부피의 감소, 체내 지방질의 증가, 체내 전체 수분이 감소하고 기초 대사율이 감소되며 활동량도 줄어지고, 세포수가 감소되며 체 지방량(LBM : Lean Body Mass)도 줄게 되어 독립적인 일상생활을 유지하는 데에도 문제가 발생할 수 있다.

노인들의 신체활동 감소는 근력과 순발력, 유연성과 같은 기초체력을 약화시키고[1], 낙상으로 인한 사망률을 증가시킬 뿐만 아니라[2], 심혈관계 질환 및 대사성 증후군과 같은 다양한 2차적 합병증을 유발할 가능성이 높은 것으로 알려지고 있다[3].

우리나라는 급격한 경제성장과 의료기술이 발달함에 따라 삶의 질이 향상되는 긍정적인 혜택을 제공받고 있으나 부가적으로 인간의 수명을 연장시킴으로써 노인인구가 급증되는 사회적 현상이 나타나고 있으며 특히, OECD 국가 중 가장 빠른 속도로 고령화 사회에서 고령사회(aged society), 초고령사회(super aged society)로 진입할 것으로 전망한다[4-6].

2005년 통계청에서 보고한 자료에 의하면 1995년 전체 인구의 5.9%였던 노인인구는 2005년 전체인구의 8.7%로 10년 만에 급속한 증가를 보이고 있다. 2008년에는 만 65세 이상 노인인구가 전체 인구의 10.0%를 넘는 고령화 사회(aging society)를 넘어서 이제 고령사회(전체 인구 14%)의 초입에 도달함에 따라 노인문제가 범국가적 차원의 주요 쟁점으로 부각되고 있다. 이에 노인문제는 노인의 건강과 여가활동 등 노인 개인 삶의 질제고 차원과 노인의 의료비 부담 등 사회 국가적 차원으로 크게 대별될 수 있다.

우리나라 국민의 현재 평균수명은 78.6세인데 비해 건강하게 삶을 영위하는 건강수명은 68.6세로 약 10년간의 차이를 보이고 있어 노인 개인은 물론 국가적 차원의 문제가 되고 있다[6]. 65세 이상의 노인들 중 90.9%가 한 가지 이상의 만성질환에 노출되어 있을 뿐만 아니라 노인들의 의료비 또한 전체 의료비의 29% 이상을 차지하는 것으로 나타나고 있다[7-8].



<그림 1> 우리나라 성별 고령인구 구성비 및 의료지출 증가 추이



평균수명과 건강수명간의 차이는 성공적 노화를 위협하고 있을 뿐 아니라 국가의 노인 의료비 부담을 가중시키고 있다. 따라서 노인의 건강수명 연장이 노인 개인의 삶의 질 향상과 국가적 차원에서 매우 중요한 과제가 되고 있으며, 특히 노년기 체육활동의 중요성이 강조되고 있다.

향후 고령화 사회에 따르는 막대한 국가 재정이 고령자 복지 및 의료비 지출로 소요될 것으로 예상되며, 이에 따르는 고령자용 Healthcare 부분에서의 산업규모도 자연적으로 급성장할 것이다. 급증하는 노인인구에 대한 범국가적 중장기 대비책으로 노화로 인한 질환을 치료하

는 개념보다 가벼운 운동과 활동을 통하여 노인성 질환을 사전 예방함으로써 의료비 절감 및 삶의 질을 향상시킬 수 있다.

과학적 운동을 통한 건강증진의 중요성에 대한 일반 국민의 인식과 의식이 높아진 사회적 배경과 고령자 사회의 증가라는 사회적 현상을 고찰해 볼 때 고령자를 대상으로 한 전문적인 운동처방 프로그램 개발이 시급한 실정이다. 이러한 전문적인 고령자 저항성 운동처방 시스템이 개발되면 예방의학적 차원에서의 체계적인 고령자 건강관리가 가능케 되어 상대적으로 의료비 지출이 감소하게 되고, 이것은 경제적 측면에서의 긍정적인 효과가 발생할 수 있다.

따라서 고령자용 저항성 운동처방 시스템 구축을 통하여 적극적인 운동 참여로 고령자의 건강 증진뿐만 아니라 노인 복지 증진에도 기여할 것이다. 또한 기존의 근력 운동기구의 경우는 추나 유압방식으로 일정부하의 운동량이 계속 유지되므로 본인의 근력수준 이상으로 부하가 걸려 근육이나 관절에 통증을 유발할 위험이 있지만 본 연구에서는 전자제어식 근력강화를 위한 장비를 이용하여 본인의 운동수준을 고려하여 자동 부하가 세팅되고 운동 중 근육 상호간의 연속성 움직임에 따라 자동적으로 실시간 운동부하가 정해지므로 안전하고도 효율적인 저항성 근력보강 운동이 가능하다. 특히 전자식 부하 제어 시스템은 관절과 근육에 전혀 부담이 없는 부드러움을 제공하며, 움직임의 속도를 고려하여 부하가 자동 설정되기 때문에 고령자에 있어서 쉽고 안전한 운동수행 가능하게 된다.

현재 국내의 경우에는 고령자를 위한 안전하고 효율적인 운동지도를 위한 저항성 근력 운동기구의 개발은 거의 전무한 상태이며, 이에 따르는 체계적인 고령자용 운동처방 시스템 구축에 관한 연구도 거의 없는 실정이다. 이에 고령자의 인지적 능력과 운동 기능적 능력의 향상에 초점을 맞춘 고령자용 맞춤형 저항성 운동처방 시스템 구축은 고령자에 있어 적정체중 유지와 더불어 근력을 향상시켜 줄뿐만 아니라 심혈관질환과 같은 만성적

질환을 효과적으로 예방할 수 있으며, 고령자의 건강수명 연장은 물론 삶의 질의 향상에도 도움이 되는 연구라고 생각된다.

또한 유비쿼터스 환경에 따르는 ZigBee Sensor Network 기술을 활용한 고령자 건강증진을 위한 저항성 운동처방 시스템 개발은 Health & Fitness 분야의 독보적인 H/W & S/W 기술력 확보가 가능하며, 새로운 Silver Fitness 산업의 Business Model로서의 가치가 높으며, 외국에 대한 수출 증가와 더불어 관련 기업 매출액 증대와 국민건강에 기여할 것으로 사료된다.

본 논문에서는 노인의 신체활동을 수행하는데 필요한 운동/건강 기능요인인 근력, 근지구력, 유연성, 민첩성, 평형성, 심폐지구력 등 기초체력의 정확한 측정을 통하여 노인의 신체적, 인지적 특성을 고려한 보다 안전하고 과학적인 저항성 운동처방 프로그램 개발이 절실히 요구되며, 이를 자동 관리 처방하는 고령자 저항성 운동처방 시스템을 구축하고자 한다.

2장에서는 본 논문과 관련 국내·외 연구동향을 살펴보고, 3장에서는 고령자 저항성 운동처방 시스템의 설계 및 구현을 한다. 마지막 4장에서는 결론 및 향후 연구되어야 할 과제들에 대해 논한다.

II. 국내·외 관련 연구동향

2.1 연구내용과 관련된 국내·외 연구동향

노년기 체육활동의 중요성은 저출산고령사회위원회와 보건복지부 등 정부부처의 노인종합대책에 체육활동과 운동이 주요 정책과제로 채택되고 있다는 사실을 통해서 알 수 있다. 저출산고령사회위원회는 '노후 삶의 질을 높이는 고령사회 대책' 5개년(2006년~2010년) 기본계획에 '노인 건강증진을 위한 운동사업 활성화'를 포함하여 추진 중에 있으며, 보건복지부는 '국민 건강 증진 종합계획'에서 건강수명을 2010년까지 72세로 늘리기 위해 운

동 실천율을 2005년 14.4%에서 2010년 20%로 끌어올린다는 내용을 발표했다[9].

우리나라 노인의 체육활동 참여율은 여전히 낮은 실정으로, 만 60세 이상 노인의 주1회 이상 체육활동 참여율은 52.9%, 주 2회 이상 20분 이상 참가율은 49.5% 이다 [10]. 일본의 경우 주 2회 이상 참가율은 60대에서 74.9%, 70세 이상에서 82.8%를 보여주고 있다[11]. 노인체육 참가율 확대를 위한 정책 개발과 노인체육 전문지도자 양성 및 배치 사업의 확대, 노인용 체력단련 장비 개발 등이 필요하다. 또한 운동 시 노인에게 적합한 저항성 운동 방법이 없어 무리한 운동으로 인한 상해가 발생할 우려가 많으며, 노년기의 체력 수준을 향상시키기 위해서는 노인에게 적합한 저항성 운동 프로그램 필요하다. 특히 저항성 운동프로그램을 효율적으로 안내하고 지도할 수 있는 노인 맞춤형 운동 처방 및 운동 이력 관리 시스템이 필요하다.

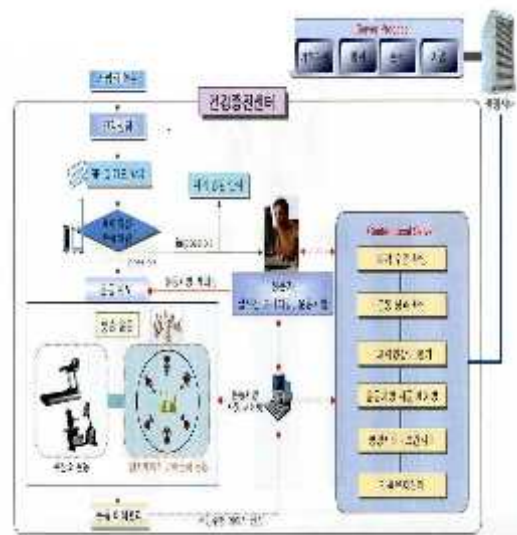
이미 선진 국가에서는 고령자 체육정책에 많은 정책적, 재정적 투자를 기울이고 있으며 특별히 65세 이상 노인의 체육활동에 많은 부분을 할당하고 있다. 이미 고령화 사회에 진입한 일본의 고령자 인구 비율은 20.8%(2006년)로 세계 최고 수준이며, 노인 복지산업은 국가적 중점 산업 육성책의 일환으로 1996년부터 중장기 계획에 따라 고령자 관련 기술개발 분야에 많은 투자가 이루어지고 있다. 고령자를 대상으로 여러 기업들이 관련기술 상용화 및 지능형 운동 및 근력 측정 장치를 개발하고 있다[12].

Healthcare와 관련된 고령자 체력 측정진단 및 운동처방 시스템의 개발은 증가하는 고령자 인구와 고령자 건강 복지 문제에 대해 국가적인 차원에서 해결책 마련이 시급한 실정이다. 노령화 사회가 진행됨에 따라 노인의 삶의 질 향상에 관한 문제는 21세기의 주요 선결과제 중의 하나로 노인성 질환을 사전에 예방할 수 있는 고령자 체력측정 시스템의 개발은 매우 중요하며, 노화로 인한 질환을 치료하는 개념보다 운동을 통하여 노인성 질환을 사전 예방하는 것이 더 효과적이다[12].

III. 시스템 설계 및 구현

3.1 고령자 저항성 운동처방시스템 구성

고령자 건강증진을 위한 저항성 운동처방 시스템의 구성은 기본적인 의학적 문진을 통하여 운동가능 여부를 우선 파악한 후, 신체구성(신장, 체중, 비만도 등) 및 순환계 기능(혈압/안정시 맥박수)을 측정하며, 기초 체력측정(근지구력, 유연성, 심폐지구력, 민첩성, 평형성) 결과에 따라 고령자의 적정 체력수준에 맞는 운동평가와 더불어 유산소성 운동(Treadmill, Aero Bike)과 저항성 운동(Body Repair) 프로그램을 처방하게 된다. 각 측정된 데이터는 ZigBee 통신을 통해 Local Computer로 전송되며, 고령자의 당일 컨디션과 생체신호에 대응하여 적정 운동처방 범주 내에서 속도 및 부하가 자동 조절되며, 재 처방된 운동강도로 안전하게 운동을 실행할 수 있게 된다.



<그림 2> 고령자 저항성 운동처방 시스템 구성도

3.2 연구내용과 개발 방법

3.2.1 연구 수행 방법 및 계획

노화로 인한 신체적 능력의 감소는 신체활동과 체력에 약간의 관심만 갖는다면 예방할 수 있을 뿐만 아니라 개선할 수 있다는 것이다. 특히 중요한 것은 자신의 신체적 기능이 약하다는 것을 빨리 알고 신체활동을 규칙적으로 하는 습관을 갖는 것이다. 최근까지만 해도 체력 평가는 대부분의 젊은 사람들을 위한 것이었고, 고령자들을 위한 검사는 매우 허약한 노인들이 일상생활을 하는데 어느 정도 보조가 필요한지 또는 얼마나 많은 도움을 주어야 하는지를 결정하기 위한 것들이었다.

따라서 고령자 체력검사(The Senior Fitness Test, SFT)는 고령자의 정상적인 일상생활 활동을 하는데 필요한 신체적 기능을 측정하고 평가하기 위해 만들어진 종합검사이다. 고령자 체력검사를 개발하기 위해 우선 기능에 필요한 체력변수를 규명하고, 그 다음 이러한 변수들을 평가하기 위한 검사항목들을 선정하였다[13].

고령자의 활동체력을 기준으로 SFT 검사항목으로 근력(하체 및 상체), 전신지구력, 유연성, 민첩성 및 신체질량지수(Body Mass Index, BMI)등을 선정하였다.

이를 토대로 고령자 건강증진을 위한 저항성 운동처방 시스템은 고령자들의 안전한 일상적인 활동을 수행하는데 필요한 활동체력과 관련된 체력요소(근력, 전신지구력, 유연성, 민첩성, 신체질량지수(BMI))를 정확히 측정 후 본인의 체력수준에 맞는 보다 안전하고 과학적인 근력보강 저항성 운동처방 프로그램 제공은 무엇보다 중요하다.

따라서 노령자의 각 체력요인별 측정 데이터를 근거로 기초체력 기준치 DB에 의해 개인별 특성을 고려한 체력수준을 평가하고, 이에 따르는 체력 연령별/요인별 체력 평가 Diagram과 건강 체력(활력)나이 산출한다. 또한 노인의 체력수준에 적합한 맞춤형 저항성 운동프로그램을 제공함을 목적으로 하고 이에 따르는 종합적인 체

력 평가와 고령자용 맞춤형 저항성 운동처방표를 개발하였다.

3.2.2 연구 내용

- 고령자용 기초체력 항목 선정 및 기준치 개발
- 체력 연령별/요인별 체력평가 다이어그램 및 건강 체력 나이 산출
- 고령자용 맞춤형 저항성 운동처방 알고리즘 개발 및 자동 로직 설정기능으로 운동부하 Setting
- 전자 부하방식으로 운동 시 사용자(고령자)의 의지에 따라 부하가 자동설정
- ZigBee Sensor Network기술의 융합으로 운동처방 데이터 및 운동이력데이터의 자동전송
- 고령자용 기초체력 체력진단 및 저항성 운동처방표 개발

3.3 세부 주요 연구개발 내용

3.3.1 고령자용 체력평가 항목 선정 및 기준치(Norm Table) 설정

고령자의 건강한 장수를 위한 일환으로서 체력의 결정요인인 운동(신체활동)을 권장하여 건강한 신체기능을 유지하고, 운동부족병이나 성인병 예방에 기여한다는 점에서 고령자의 체력수준을 측정하여 평가하는 것은 매우 중요하고 필요하다[14].

건강체력 요인은 현재 체육과학연구원에서 다년간 연구 제안된 고령자 체력측정 항목을 기준으로 근지구력(의자 앉았다 일어서기, 아령 들기), 전신 지구력(2분간 제자리 걷기), 민첩성(244cm 왕복 걷기), 유연성(좌전굴), 신체구성(BMI) 등의 항목을 선정하였다[15]. 체력수준 평가의 의의는 무엇보다도 체력에 관한 측정·평가의 결과를 개인에게 피드백시킴으로서 라이프스타일의 개선을 위한 방법을 제공하는 것이 가능하며, 운동 시 안전하고

효과적인 운동지도가 가능하도록 구체적인 기초자료로서 큰 역할을 할 것이다[16].

(1) 고령자 연령별/성별 고령자용 기초 체력 평가 기준치 Table

<표 1> 고령자용 체력평가 기준치 개발 항목

번호	체력 요인별 분류	체력 요인 항목	측정 종목
1	근지구력(1)	하체 근지구력	의자 앉았다 일어서기
2	근지구력(2)	상체 근지구력	아령 들기
3	심폐지구력	전신 지구력	2분간 제자리걷기
4	민첩성	민첩성	244cm 왕복걸기
5	유연성	유연성	좌전굴

(1.1) 의자 앉았다 일어서기

하체 근력을 평가하는데 목적이 있으며, 양팔을 가슴에 교차하고 30초 동안 앉았다 완전히 일어 선 횟수를 측정한다.

<표 2> 근지구력(의자 앉았다 일어서기) 기준치(횟수)

남자	60-64	65-69	70-74	75-79	80-
수	21	20	19	18	16
우	20-18	19-18	18-17	17-16	15-13
미	17-16	17-15	16-14	15-14	12-11
양	15-13	14-13	13-11	13-11	10-9
가	12	12	10	10	8

여자	60-64	65-69	70-74	75-79	80-
수	20	19	18	16	14
우	19-17	18-16	17-15	15-13	13-12
미	16-14	15-13	14-12	12-11	11-10
양	13-11	12-11	11-10	10-9	9-8
가	10	10	9	8	7

(1.2) 아령 들기

가사에 필요한 상체근력을 측정하는데 목적이 있으며, 여성은 5lb(2.27kg), 남성은 8lb(3.63kg)의 덤벨을 한손에 쥐고 30초 동안 완전히 팔꿈치를 폈다가 구부린 횟수를 측정한다.

<표 3> 근지구력(아령들기) 기준치(횟수)

남자	60-64	65-69	70-74	75-79	80-
수	22	22	21	20	17
우	21-20	21-19	20-18	19-17	16-15
미	19-18	18-17	17-16	16-15	14-13
양	17-16	16-15	15-13	14-13	12-11
가	15	14	12	12	10

여자	60-64	65-69	70-74	75-79	80-
수	20	19	18	17	15
우	19-18	18-17	17-16	16-15	14-13
미	17-15	16-14	15-13	14-13	12-11
양	14-13	13-12	12-11	12-11	10-9
가	12	11	10	10	8

(1.3) 2분간 제자리 걷기

변형된 전신 지구력 검사방법으로 시간이나 날씨의 제한 등으로 인해 6분 걷기 검사가 어려울 때 실시한다. 2분 동안 제자리에서 각 무릎이 슬개골 장골능 사이의 중간지점까지 올라온 횟수를 측정한다. 득점은 우측 무릎이 지정된 높이에 이르렀을 때를 1회로 간주하여 2분간 실시한 횟수로 기록한다.

<표 4> 심폐지구력(2분간 제자리 걷기) 기준치(횟수)

남자	60-64	65-69	70-74	75-79	80-
수	116	116	112	108	96
우	115-107	115-103	111-99	107-95	95-87
미	106-94	102-94	98-90	94-86	86-78
양	93-85	93-85	89-81	85-77	77-69
가	84	84	80	76	68

여자	60-64	65-69	70-74	75-79	80-
수	110	110	105	102	92
우	109-98	109-98	104-92	101-89	91-79
미	97-89	97-85	91-79	88-76	77-65
양	88-76	84-72	78-70	75-67	64-56
가	75	71	69	66	55

(1.4) 244cm 왕복걷기

민첩성과 동적 평형성을 측정하는데 목적이 있으며, 의자에 앉은 상태에서 시작이라는 구령과 함께 의자에서 일어나 244cm 떨어진 콘까지 걸어갔다 콘을 돌아 다시와 앉는데 걸리는 시간을 초 단위로 측정하여 기록한다.

<표 5> 민첩성(244cm 왕복걷기) 기준치(초)

남자	60-64	65-69	70-74	75-79	80-
수	4.0	4.4	4.6	4.8	5.2
우	4.1-4.6	4.5-5.0	4.7-5.2	4.9-5.4	5.3-6.0
미	4.7-5.2	5.1-5.4	5.3-5.6	5.5-5.8	6.1-6.6
양	5.3-5.8	5.5-6.0	5.7-6.2	5.9-6.2	6.7-7.2
가	5.9	6.1	6.3	6.3	7.3

여자	60-64	65-69	70-74	75-79	80-
수	4.6	4.8	5.0	5.2	5.8
우	4.7-5.2	4.9-5.2	5.1-5.4	5.3-5.6	5.9-6.4
미	5.3-5.6	5.3-5.6	5.5-5.8	5.7-6.4	6.5-7.2
양	5.7-6.0	5.7-6.2	5.9-6.4	6.5-7.0	7.3-8.4
가	6.1	6.3	6.5	7.1	8.6

(1.5) 좌전굴(앉아윗몸앞으로굽히기)

하체의 유연성을 측정하는데 목적이 있으며, 의자의 앞부분에 앉은 상태로 한쪽다리는 구부리고, 한쪽다리는 쪽 뻗고 허리를 구부린 상태에서 손을 발쪽으로 최대한 뻗는다. 발끝을 기준으로 하여 손가락 끝이 넘어갔을 때에는 +로, 부족하였을 때는 -로 표시하며, cm단위로 측정한다.

<표 6> 유연성(좌전굴) 기준치(cm)

남자	60-64	65-69	70-74	75-79	80-
수	16	16	12	8	5
우	15-7	15-5	11-4	7-1	4-0
미	7-2	4-1	3-2	0-4	-1-6
양	1-4	-2-6	-3-7	-5-10	-7-12
가	-5	-7	-8	-11	-13

여자	60-64	65-69	70-74	75-79	80-
수	21	20	18	17	12
우	20-15.5	19-14.5	17-12	17-11	11-7
미	15.4-11	14.4-9.5	11-8.5	10-5.5	6-3
양	10-4	9.4-3	8.4-2	5.4-0	2-2
가	3	2	2	-1	-3

3.3.2 개인별 특성을 고려한 군별 체력수준 평가

고령자 특성상 체력수준의 편차가 크므로 개인별 특성을 고려한 군별 체력수준 평가를 실시하며, 기초 체력 평가의 체력수준에 따라 단계별 적용을 차별화하여 적정 운동 강도를 수행한다(예 : 고체력군, 건강군, 저체력군, 허약군, 특별관리군(질환 유병자)).

이에 따른 체력수준 평가는 두 가지(의자 앉았다 일어 서기, 아령 들기) 평가항목 중 우수한 쪽으로 결과를 평가하여 종합적으로 평가한다. 이렇게 선정된 체력 평가에 따라 운동단계를 아래 <표 7>과 같이 적용한다. 즉, 종합평가가 “수”로 판정이 되면 유지 단계에 해당하는 운동 강도를 제공하며, “가”로 판정이 될 경우 적용단계에 해당하는 운동처방 내용을 제시한다.

<표 7> 체력 수준에 따른 단계 적용

체력수준	가	양	미	우	수
운동단계	적용	초기	증진	완성	유지

3.3.3 개인의 체력수준 및 특성을 고려한 맞춤형 저항성 운동처방 프로그램 개발

(1) 고령자 단계별 운동 강도 설정

<표 8>과 <표 9>는 <표 7>에서 결정된 운동단계에 따른 남녀별 운동 강도 Table을 제시한 것으로, 각 단계별 진행되는 운동 주수 및 운동 횟수, 실행무게, 실행 세트에 대한 운동 강도 적용 종합 Table이다.

1-RM(Repetition Maximum)은 1회 반복할 수 있는 최

대 중량을 말하며, 고령자에게는 최대 근력의 70~80%사이가 좋다고 하며, 최대 근력의 75% 정도로 1회의 운동은 8~12회 적당하다고 한다[17]. 고령자는 체력수준이나 건강정도의 개인차가 크기 때문에 모든 사람이 높은 강도에서 운동이 실시될 수 있는가 하는 실용성에서 판단하는 것은 곤란하다.

선행연구를 종합해 볼 때 고령자의 운동 강도는 트레이닝 전의 최대근력(one repetition maximum strength, 1-RM)의 50~80% 정도의 강도가 적합하다[18]. 최근에는 고강도 트레이닝도 이용되고 있다.

고강도 트레이닝(11≤RMs)은 근 비대와 근력의 향상을 이끌어내고, 저강도 트레이닝(20≥RMs)은 근 지구력에 적용에 관련이 있다. 운동 강도로 1-RM의 65% 또는 8-13RMs가 고령자들에게 주로 사용되지만, 저강도 또한 고령자들에게 적용되며, 근력향상과 일상생활기능 향상에 고강도와 유사한 결과가 보고되고 있다.

(2) 운동 빈도 설정

고령자에 있어서 저항성 운동 빈도는 1주일에 최소 2회 이상 수행하고, 휴식시간은 최소한 48시간으로 구성한다. 고강도의 저항성운동을 할 때 발생하는 것으로 보

이는 근조직내의 미세한 손상(tissue micro trauma)의 회복에는 48~96시간이 필요하기 때문에 특히 운동 강도가 높은 경우에는 보다 긴 회복시간이 필요하다[19].

따라서 중·고령자의 경우에는 높은 수준의 강도를 설정하지 않기 때문에 주 2~3일 정도가 적절하다. 성인들의 경우 트레이닝을 통한 근신경계의 적응은 트레이닝 빈도에 높은 영향을 받으며, 고령자에 있어서의 트레이닝 빈도가 낮으면 상해의 위험도 감소시킬 수 있다[20].

(3) 세트 수 설정

많은 연구에서 보여 지는 것과 같이 멀티세트가 근력 향상에 효과적이지만, 몇몇 연구에서는 싱글 세트로 비슷한 근력의 변화를 보고한 연구도 있다[21]. 중·고령자가 실시할 경우에는 1세트 ~ 3세트의 효과가 같아서 1세트의 운동으로도 좋다고 서술하고 있으며, ACSM 보고서에서도 비슷한 견해가 있다[22].

(4) 반복 속도

최근에 저항성 트레이닝 동안의 반복 속도가 특히 노인들에게서 많은 주목을 받고 있다. 그 이유는 근력 향상에 부가적으로 근 파워를 증가시킬 수 있기 때문이다. 노인들은

<표 8> 고령자 단계별 운동 강도(남자)

근력		적응				초기				증진			완성			유지			
본 운동	주수	1	2	3	4	1	2	3	4	1 2	3 4	5 6	1 2	3 4	5 6	1	2	3	4
	횟수	9	11	13	15	9	10	11	12	7	8	9	8	9	10	8	8	8	8
	무게	18RM의 무게				14RM의 무게				13RM의 무게			12RM의 무게			10RM의 무게			
	세트	1				1				2			3			3			
(단계마다 실제 무게와 횟수를 입력 받아 RM 재설정)																			

<표 8> 고령자 단계별 운동 강도(남자)

근력		적응				초기				증진			완성			유지			
본 운동	주수	1	2	3	4	1	2	3	4	1 2	3 4	5 6	1 2	3 4	5 6	1	2	3	4
	횟수	9	11	13	15	9	10	11	12	7	8	9	8	9	10	8	8	8	8
	무게	14RM의 무게				13RM의 무게				12RM의 무게			11-RM의 무게			10RM의 무게			
	세트	1				1				2			3			3			
(단계마다 실제 무게와 횟수를 입력 받아 RM 재설정)																			

근력보다 근 파워에 감소가 더 크다[23]. 근 파워는 일상생활을 수행하는 능력과 매우 밀접한 관련이 있다. 1-RM 70%로 단축성 수축 속도는 가능한 빠르게, 신전성 수축 속도는 2초 정도로 3~8회 반복이 트레이닝 구성에 적합하다[24].

1-RM 40% 단축성 수축 속도는 1초, 신전성 수축 속도는 2초로 하는 것이 일상생활을 수행하는 능력과 근력 향상에 효과가 있었다는 연구도 있다[25].

3.3.4 고령자의 특성상 체력수준 편차 고려

고령자 저항성운동 처방시 주의사항은 신체적으로 독립된 생활의 영위가 가능할 정도의 근 기능 향상이 되도록 처방하여야 하며, 통증이 수반하지 않는 범위에서 운동범위를 유지하도록 한다[14].

최근의 연구에서는 만일 심질환 환자에 있어서 1-RM의 60% 또는 그 이상의 저항성 트레이닝을 실시하여도 더블프로덕트(수축기 혈압과 심박수의 곱, 심근의 산소 소비량과 비례)는 점증부하에 따른 최대산소섭취량 측정시의 85%이하였으며, 확장기 혈압은 높아지지만 수축기 혈압의 특별한 향진은 없는 것 등이 보고되고 있어 안전성이 높다는 것이 인정되고 있다[26].

<표 10>은 저항성 운동 수행시 발생할 수 있는 운동상해의 범위와 근력 자극에 대한 표로 저항이 강해질수록 반복횟수가 작아지며, 이에 따른 운동 상해 요인이 증가됨을 알 수 있다. 즉 저항은 65-80%, 반복횟수는 8-14회 정도가 상해 위험을 줄이면서 운동의 효과를 볼 수 있음을 나타낸다.

<표 10> 운동 상해와 반복 횟수의 관계

	높은 근력자극 / 높은 상해위험		높은 근력자극 / 낮은 상해위험				낮은 근력자극 / 낮은 상해위험				
	100%	95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%	55%	50%
저항	100%	95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%	55%	50%
반복	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	가능 범위		권장 범위				가능 범위				

3.3.5 운동수행 데이터를 고려한 향상도 분석에 따른 운동처방 재처방 프로그램



<그림 3> 저항성 복합 운동처방 재처방 프로그램

운동진행 후, 체력을 재평가한 체력 평가에 의한 기준이 재설정되며, 재측정 데이터가 없을 경우에는 기구에서 운동한 데이터를 기준으로 운동처방을 재설정 한다. 즉, 기구에 설정되는 무게(kg 또는 Watt값), 각 종목당 실시 횟수, 실행된 총 세트 수를 통해 운동 후 소모될 Kcal을 구하며, 이에 따른 운동결과를 기초로 하여 단계마다 실제 무게와 횟수를 입력 받아 RM을 재설정 한 후, 운동단계 및 주간별 반복횟수를 재설정한다.

3.3.6 운동이력관리 프로그램 개발

(1) 항목별 운동수행 데이터 관리

항목별 운동수행 데이터를 기록(시간, 횟수, 부하값, 자동범위, Watt값, 소모 Kcal 등)하고 기구에 설정되는

무게(kg 또는 Watt값), 각 종목당 실시 횟수, 실행된 총 세트 수를 통해 운동 후 소모된 Kcal 등을 구한다. 이를 위한 필요한 기본 알고리즘은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{운동량(work)} &= \text{기구에 설정된 무게} \times \text{이동 거리} \\ \text{총 운동량} &= \text{웨이트 무게} \times \text{반복 횟수} \times \text{세트수} \\ \text{소모 칼로리} &= \text{운동량(운동시간} \times \text{체중별 상수)} \times \\ & 9.81\text{J} \times 2.38 \times 10^{-4}\text{kcal} \end{aligned}$$

저장된 운동이력에 따라 일, 주, 월별 칼로리 소모량 등을 분석·평가하여 이에 따른 운동 재처방을 내리기 위한 알고리즘 개발에 활용한다.

운동일시	운동종목	세트중량	세트회수	운동횟수	처방횟수	피크발역치
2009-09-07 10:25:01	가슴(Chest)	1	3	20	20	250
2009-09-07 10:25:01	가슴(Chest)	2	3	20	20	250
2009-09-07 10:25:01	가슴(Chest)	3	3	20	20	250
2009-09-07 10:25:01	다리(Leg)	1	3	20	20	280
2009-09-07 10:25:01	다리(Leg)	2	3	20	20	280
2009-09-07 10:25:01	다리(Leg)	3	3	20	20	280
2009-09-07 10:25:01	어깨(Shoulder)	1	3	20	20	250
2009-09-07 10:25:01	어깨(Shoulder)	2	3	20	20	250
2009-09-07 10:25:01	어깨(Shoulder)	3	3	20	20	250
2009-09-07 10:25:01	허리(Bauer)	1	3	20	20	40
2009-09-07 10:25:01	허리(Bauer)	2	3	20	20	40
2009-09-07 10:25:01	허리(Bauer)	3	3	20	20	40
2009-09-07 10:25:01	어깨(Shoulder)	1	3	20	20	230
2009-09-07 10:25:01	어깨(Shoulder)	2	3	20	20	230
2009-09-07 10:25:01	어깨(Shoulder)	3	3	20	20	230
2009-09-07 10:25:01	고관절(Coxa)	1	3	20	20	70
2009-09-07 10:25:01	고관절(Coxa)	2	3	20	20	70
2009-09-07 10:25:01	고관절(Coxa)	3	3	20	20	70

<그림 4> 운동 이력관리 재처방 프로그램

(2) 운동수행 데이터를 통해 향상도 평가 분석

노인에게 알맞은 운동 프로그램 안내 및 관리, 운동기구 및 운동지도 시스템을 개발하며, 인지 능력이 떨어지는 노인들로 하여금 운동을 쉽게 접근 할 수 있도록 무게추 등을 배제하였고, 그래픽 애니메이션을 이용한 운동 방법안내를 구현하였다. 또한 운동 중에서도 비프음과 그래픽 애니메이션을 이용하여 운동 중에 귀로 듣고 눈으로 본인의 운동 상태 및 운동가동 범위 등을 보면서 운동함으로써 복합인지 능력향상에도 도움이 될 것으로 판단된다.

또한 노인용 복합 저항성 운동 프로그램을 활용한 상

하체 복합운동기구(Body Repair)를 개발하여, 노인의 특성상 단일 관절 운동보다는 다관절 전신 운동이 필요함으로 복합 운동이 되도록 운동기구를 설계하여 프로그램을 개발한다. 즉, 양팔을 동시에 움직이는 기존 방식에서 축을 기준으로 운동하는 방식으로 운동방법을 고안하여 양쪽이 교차하는 운동이 되도록 설계하였다.



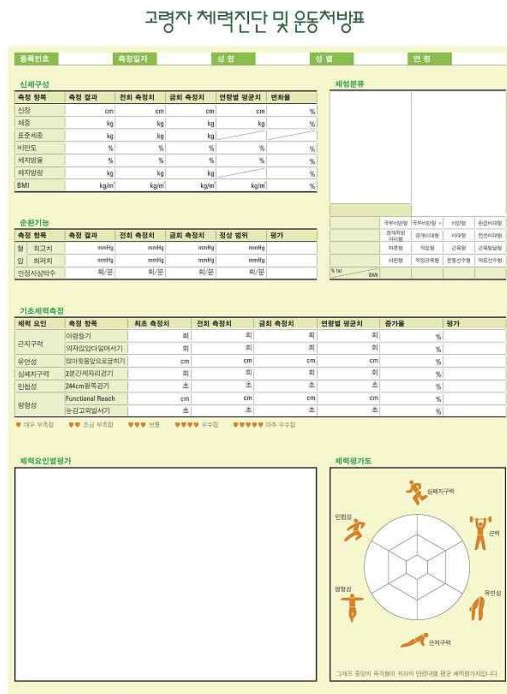
<그림 5> 상하체 복합운동기구(Body Repair) 안내 화면

그 예로 상체에서는 Chest Press라고 하는 근력운동을 실시함과 동시에 다리는 보조 발판을 이용해 다리운동이 되도록 프로그램 하였다. 따라서 실시자는 가슴운동을 하지만, 하체도 보강운동을 하게 되어 상하체 동시운동을 하게 되는 것이다.

회전축이 움직이는 동안 움직임의 빠르기에 비례한 자동적으로 부하가 걸리므로, 수중운동과 유사한 효과를 나타내며, 운동 중 동작의 중단 또는 힘을 뺐을 경우에도 그것에 맞추어 부하가 감소하기에 과잉 부하가 걸리지 않기 때문에 고령자의 신체 상태에 가까운 절제된 부하량을 제공하므로 매우 안전하게 운동 할 수 있다[27].

전자부하식 저항성 복합운동기구(Body Repair)로 자율운동을 함으로써 인지 기능의 향상에 변하는 인자를 검색할 수 있으며 새로운 트레이닝에 의한 과학적인 평가 방법과 지도방법의 개발을 제시하였다.

3.3.7 고령자용 기초체력 진단·평가 및 저항성 운동처방표 개발



<그림 6> 고령자 체력 진단·평가 및 운동처방표

이 건강한 삶에 관심을 돌리고 있으며 이를 위하여 다양한 신체활동을 선택하고 있다. 이는 운동이 외부로부터의 각종 스트레스를 차단하여 삶의 활력을 증진시키고 인체의 다양한 기능을 활성화시켜 건강을 유지하는데 큰 몫을 차지하고 있기 때문이다. 이러한 신체활동은 연령 증가에 의해 생리적인 기능이 저하되는 노인들에게도 적극 권장되고 있다[28-29].

특히, 노인의 건강증진을 위한 운동프로그램으로 흥미성이 가미된 유산소성 운동과 더불어 근저항성 운동의 병행은 각각의 운동효과를 배가시키게 된다[16]. 하지만 에너지 대사를 촉진하고 산소섭취량의 증가를 급격히 동반하는 운동은 활동 근육으로 많은 산소를 유입시킴으로써 산화적 스트레스를 촉진시키게 된다[30].

한편 규칙적인 운동은 삶의 질을 개선시킬 뿐만 아니라, 질환의 예방 및 건강증진의 차원에서 널리 보급되고 있는 실정이며, 유산소운동과 근저항성 운동의 병행은 개별적인 운동 형태에 비해 신체조성 및 혈중 콜레스테롤 수준과 심혈관계 질환의 위험 수준 감소에도 그 효과를 배가시키는 것으로 보고되고 있다[31]. 따라서 고령자에 있어 유산소성 운동과 더불어 근 저항성운동의 중요성이 인식되고 있다[32].

적당한 신체활동의 참여와 관심은 체력증가에 도움을 줄 뿐 아니라 여러 가지 질병으로부터 노인들을 자유롭게 해주며 일상생활을 쉽게 수행할 수 있기 때문에 노인의 신체활동을 통한 체력증진은 건강 및 운동수행능력에 큰 효과를 준다.

고령자 사회의 증가라는 사회적 현상을 고찰해 볼 때 고령자 대상의 체계화된 전문가 운동처방 프로그램의 개발은 시급한 실정이다. 따라서 고령자에 있어서 유산소성 운동과 근 저항성 운동의 병행은 근력과 근육량의 감소를 보상하기 위한 효과적인 방법이라고 제시하고 있다. 고령자에 있어서는 이러한 전문적인 고령자 운동관리 프로그램이 개발되면 예방의학적 차원에서의 체계적인 고령자 건강관리가 가능케 되어 상대적으로 의료비 지출이 감소하게 되고 이것은 경제적 측면에서의 긍정적

IV. 결론 및 향후 과제

고령자 사회에 있어서 노화에 따른 체력 저하는 질병이나 영양상태, 라이프 사이클과 같은 다양한 요인에 의해 복합적으로 작용하며, 노인들에게 대부분 나타나는 근력 감소와 근 위축은 생리적인 기능 저하와 더불어 신체 활동의 감소가 그 원인이 된다. 특히 노인들의 신체 활동 감소는 근력과 순발력, 유연성의 저하로 낙상으로 인한 사망률을 증가시킬 뿐만 아니라 심혈관 질환 및 대사성 증후군과 같은 2차적 합병증도 유발할 가능성이 높은 것으로 알려져 있다.

최근 웰빙(well-being) 시대를 맞이하여 많은 사람들

인 효과가 발생할 수 있다. 따라서 노인의 신체활동을 수행하는데 필요한 운동/건강 기능요인과 더불어 신체적, 인지적 특성을 고려한 보다 안전하고 과학적인 저항성 운동처방 프로그램 개발이 절실히 요구된다.

고령자 건강증진을 위한 저항성 운동처방 시스템 구축에 관한 연구는 중·고령자의 저항성 트레이닝(RT : Resistance Training)을 통하여 신체 활동량의 감소에 의한 근력 저하와 신체 조성 변화가 나타나는 노인들에게 적정체중 유지와 더불어 근력을 향상시켜 줌으로써 각종 심혈관 질환과 같은 만성적 질환을 효과적으로 예방할 수 있을 것으로 본다.

이에 고령자 종합체력 진단·평가 및 저항성 운동처방 시스템을 통하여 실제 고령자들이 보다 편리하고 안전하게 운동을 수행할 수 있는 전자제어식 저항성 근력 강화 장비 개발에 대한 연구가 시급히 요구되며, 고령자의 신체적, 인지적 특성을 고려한 보다 안전하고 과학적인 저항성 운동처방 프로그램 개발이 절실히 요구되고 있으며, 이를 자동관리 처방할 수 있는 고령자 저항성 운동처방 시스템 구축에 관한 추가적인 연구가 필요하다고 사료된다.

참고문헌

- [1] 이병욱, 최종환, 이규문, "여성 노인의 신체적 기능과 인지적 기능의 관계," 한국체육학회지, 제46권제2호, 2007, pp. 485-495.
- [2] Allison, M., & Keller, C., "Physical activity in the elderly: benefits and intervention strategies," Nurse Practitioner, 1997.
- [3] Lord, S. R., Murray, S. M., Chapman, K., Munro, B., Tiedemann, A., "Sit-to-Stand performance depends on sensation, speed, balance, and psychological status in addition to strength in older people," Journal of gerontology, 2002.
- [4] UN, The sex and age distribution of world population, 2003.
- [5] 통계청, "장래인구특별추계," 2006.
- [6] 한국보건사회연구원. "노인생활실태 분석 및 정책과제," 2007.
- [7] 전경희 외 5인, "전국 노인생활실태 및 복지욕구조사," 한국보건사회연구원, 보건복지부, 2005.
- [8] 통계청, "사회통계조사," 2006.
- [9] 한국일보, 2005년 12월 20일자.
- [10] 김양례, "노인의 생활체육 참가와 건강평가 및 자아존중감에 관한 연구," 한국체육학회지, 제45권 5호, 2006, pp. 190~193.
- [11] 일본 내각부, 2004.
- [12] 중소기업청, "2006년 산학연 공동기술개발 컨소시엄사업 결과 보고집," 서울대학교산학협력단, 2006년.
- [13] 김현수, 박우영 공역, "노인 체력검사와 평가," 대한미디어, 2005, pp. 16.
- [14] 조성계 외 7인, "고령자의 체력과 건강증진을 위한 운동프로그램," 한국체육과학연구원, 1995.
- [15] 김현수,곽정구, 김종택, "남성 고령자의 건강체력 측정 항목 선정 및 기준치 작성," 한국체육과학연구원, 1996.
- [16] 김현수 외 4인, "고령자의 건강체력항목 선정 및 기준치 작성," 한국체육과학연구원, 1995.
- [17] Cancela J. M, Varela S., Ayn C., "Effects of High Intensity Training on Elderly Women: A Pilot Study," Physician informa healthcare, 2008.
- [18] 박상갑 외 5인 공저, "고령자의 운동처방 가이드 라인," 동아대학교 출판부, 2004.
- [19] Bank W., Chance B., "An oxidative defect in metabolic myopathies: diagnosis by noninvasive tissue oximetry," Ann. Neurol Vol. 36, No. 6, 1994, pp. 830-837.
- [20] McCartney N., McKelvie R., Haslam D., Jones N., "Usefulness of weightlifting training in improving

- strength and maximal power output in coronary artery disease," *Am J Cardiology*, 1991, pp. 939-945.
- [21] Sofia Bgenhammar, Eva Ekvall Hansson, "Repeated sets or single set of resistance training - A systematic review," *Physician informatics healthcare*, 2008.
- [22] Feigenbaum M. S., Pollock M. L., "strength training-rational for current guideline for adult fitness programs," *Physician Sportsmed* 25, 1997.
- [23] Roger A. Fielding et al., "Lower extremity power training in elderly subjects with mobility limitations: a randomized controlled trial," *PubMed*, 2008.
- [24] Fielding R. A., LeBrasseur N. K., Cuoco A., Bean J., Mizer K., Fiatarone Singh M. A., "High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women," *J Am Geriatr Soc*, *PubMed*, 2002.
- [25] Miszko T. A., Cress M. E., Slade J. M., Covey C. J., Agrawal S. K. and Doerr C. E., "Effect of strength and power training on physical function in community-dwelling older adults," *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 58, 2003, pp. 171-175.
- [26] Brechue W. F., Pollock M. L., "Exercise training for coronary artery disease in the elderly," *Clin Geriatr Med* 12(1), 1996.
- [27] 水上 健一 외 9인, "중·고령자의 저항 트레이닝이 운동과 인지에 관련한 유전자 발현에 미치는 영향," *동경학예대학 발표자료*, 2007.
- [28] 이사겸, 황경식, "연령증가에 따른 신체구성 혈압 체력 및 건강생활습관의 차이와 상관관계," *한국체육학회지* 제6권, 2007, pp. 781-794.
- [29] Wu S. C., Leu S. Y., and Li C. Y., "Indication of predictors for chronic disability in activities of daily living among older people in Taiwan," *Journal of the American Geriatrics Society*, Vol. 47, 1999, pp. 1082-1086.
- [30] ACSM, "ACSM's guidelines for exercise testing and prescriptions," 2000.
- [31] 채창훈, 유병강, 김현태, "운동 형태에 따른 고도비만 여성의 신체구성 및 혈청 C-reactive protein의 변화," *한국운동영양학*, 2005.
- [32] 채창훈, 김지연, 김현태, "노인들의 12주간의 유산소성운동을 병행한 근저항성 운동프로그램이 근력과 심혈관계 위험인자에 미치는 효과," *한국체육학회지* 제17권 제4호, 2008, pp. 1593-1603.

■ 저자소개 ■



왕 종 수
Wang, Jong Soo

1998년 3월~현재
서일대학 인터넷정보과 교수
2003년 9월 광운대학교 컴퓨터학과(박사수료)
1993년 3월 광운대학교 전자계산학과 이학석사
1984년 3월 중앙대학교 전자계산학과 (이학사)
1995년 3월 ~ 1998월 2월
세우시스템 기술연구소 연구실장

관심분야 : u_Health, USN, WBAN
E-mail : jswang@seoil.ac.kr



손 락 성
Son, Lak Seong

2000년~현재 (주) O2run 기술연구소장
2003년 2월 단국대학교 대학원 이학박사
(운동생리학)
1998년 2월 경희대학교 체육과학대학원
체육학 석사

관심분야 : u_Health, 스포츠의학, 운동생리학
E-mail : lakson42@paran.com

논문접수일 : 2010년 2월 8일
수 정 일 : 2010년 2월 20일
게재확정일 : 2010년 2월 27일