



특집 06

체력요인 DB를 활용한 u-Fitness 기반 맞춤형 운동 관리 시스템 개발



박성빈·최준호·김사엽·형준호·정경렬 (한국생산기술연구원)

목 차 »	1. 서 론
	2. 연구방법
	3. 결 과
	4. 논 의
	5. 결 론

1. 서 론

정기적인 체력 측정을 통해 개인의 신체능력 수준을 파악하고 관리하는 것, 즉 체력 관리는 일상생활을 불편함 없이 유지함은 물론 질병 예방 및 노화의 방지를 비롯하여 체력 향상 및 유지를 위해 필수적이다.

최근 IT 기술의 발달과 전산 인프라의 향상은 전산 시스템을 도입한 건강관리 서비스가 가능하게 되었고 피트니스 활동과 관련한 제품 및 서비스 산업의 발전을 촉진하고 있다^[1]. 또한 개인에 대한 맞춤형 체력 관리의 중요성이 증가하면서 기존의 일괄적이고 맹목적인 운동 서비스와는 달리 개인의 특성을 반영한 체력관리 서비스의 중요성도 함께 증가하고 있는 실정이다.

체력관리 분야의 전산화 연구 동향을 살펴보면, 국내의 경우 인터넷 기반의 검사 및 체력측정을 통한 운동처방 프로그램 개발 연구^[2]를 비롯하여 웹기반의 운동처방 교육 프로그램^[3], 건강 검

진 데이터를 기반으로 맞춤형 운동처방 시스템^[4]을 비롯하여 온라인 운동처방 시스템^[5], 웹기반 운동처방 시스템^[5] 등 다양한 연구가 시도되었다. 뿐만 아니라 교육과학기술부의 PAPS^[6], 고용노동부 직장인 신체활동 증진 프로그램과 같이 사회 전반에 걸친 시스템화 된 피트니스/체력관리 서비스가 시도되었다^[7]. 그럼에도 불구하고 한국인의 체력 현황을 직접 반영한 체력관리 서비스에 대한 연구는 미흡하다. 국내의 경우 국민체력실태조사를 통해 건강관련 체력요인을 비롯한 다양한 체력관련 요인을 대상으로 2년 주기로 기초체력 평가를 실시하고 있다.

하지만 체력평가 결과를 체력관리 서비스에 직접 적용하는 것은 한계가 있다. 체력 평가는 크게 기초체력평가와 실험실기반의 체력평가로 구분되는데, 체력관리 서비스는 대부분 실험실 체력평가의 결과만 활용되고 있다. 대표적인 예로 심폐기능의 경우 산소섭취량, 심박수가 활용되며, 근기능의 경우 1RM을 주로 사용한다. 그럼에도 불

구하고 실험실 체력평가와 관련한 체력실태 혹은 데이터베이스의 경우 2000년대 이후 구축된 사례가 없으며, 연구 목적에 따라 특정 모집단을 대상으로 논문을 통해서만 일부 공개되고 있어 산업체의 활용도가 낮고 기반기술로서의 활용에 제한적이다⁸⁾.

실험실 체력평가에 대한 데이터베이스를 구축하고 기초체력평가와의 관계를 규명하고 그 결과를 토대로 체력평가 및 운동처방에 필요한 요소들을 분석하여 반영한다면 기초체력평가와 실험실 체력평가를 함께 활용한 개인 맞춤형 체력관리 서비스가 가능할 것으로 기대된다. 특히 체력평가 결과가 운동처방과 같은 운동관리 서비스에 직접 반영하고 운동프로그램 구성 시 활용될 경우 관리자 측면에서 개인의 체력현황을 한눈에 파악하고 운동이력을 확인할 수 있을 것이다.

본 연구의 목적은 이러한 실험실 체력평가 및 기초체력평가를 토대로 DB를 구축하고 이를 기반으로 개인의 체력상태를 반영한 건강관리 서비스를 제공하기 위해 한국인의 체력요인 DB를 활용한 u-Fitness 기반의 맞춤형 운동 관리 시스템을 개발하는 것이다.

2. 연구 방법

2.1 DBMS 구축

본 연구에서는 2009년부터 2012년까지 성남시

K대학교 운동처방센터를 방문한 20세 이상 성인 남녀로부터 얻은 기초체력평가 및 실험실 체력평가 결과를 대상으로 하였다(<표 1>). 모든 참가자는 의학적으로 질환이 없으며 전문체육과 같은 특정분야에 속해 있지 않고 자발적인 참여로 구성하였다.

또한 기초체력평가와 실험실 체력평가간의 상관관계를 분석하고 체력평가 항목에 대한 백분위수 분석을 실시하고 분석 결과를 통해 체력 평가를 위한 등급 기준과 체력 추정방법을 개발하였다. 측정된 데이터는 DBMS(SQL Server 2005, Microsoft)를 이용하여 DB로 구축하였으며 운영서버와 연동 되도록 구성하였다.

건강관련 체력요인의 경우 근기능, 심폐기능, 유연성, 신체구성으로 구성되지만, 운동관리 서비스 중 운동 처방과 운동 프로그램 설계에 밀접한 관계를 가지는 근기능과 심폐기능만을 분석 대상으로 하였다.

2.2 시스템 구성

u-Fitness 기반의 맞춤형 운동관리 시스템은 체력측정장비, 운동 시스템, 운동처방 및 운영시스템으로 구성하였다.

체력측정장비는 기초체력을 측정하기 위한 장비를 의미한다. 근기능의 경우, 악력(좌, 우), 제자리멀리뛰기, 제자리 높이뛰기, 심폐기능의 경우 1분 앉았다일어서기를 선정하였다. 1분간 앉았다일어서기는 심박수 측정

<표 1> 체력평가 항목

항목	기초체력 평가항목	실험실 체력 평가항목
신체구성	체중, 근육량, 체지방량, 체지방률, 복부지방률, BMI	체중, 근육량 체지방량, 체지방률
근기능	윗몸일으키기, 악력(좌, 우), 제자리멀리뛰기, 제자리 높이뛰기	Knee(Peak Torque, Average Power)
심폐기능	20m왕복오래달리기	VO2max, HRmax, RQ, AT
유연성	앉아 윗몸 앞으로 굽히기	흉/요추 관절(EX/FL)
균형성	눈감고 외발 서기	동적/정적 검사(양발, 좌, 우)

센서를 이용하여 측정 전의 안정 시 심박수와 측정 직후의 심박수, 측정 후 1분간의 회복 단계에서의 심박수를 측정하였다. 안정 시, 측정 직후, 회복 시의 심박수 변화 양상을 통해 최대심박수와 최대산소섭취량을 추정하기 위한 추정식을 적용하였다. 측정을 위해서는 RFID 방식을 이용하여 개인을 식별하고 체력을 측정 후 결과는 운동 시스템 서버로 전송되도록 구성하였다.

운동 시스템은 운동기구 시스템과 운동시스템 서버로 구성된다. 운동기구 시스템은 심폐기능 위주의 유산소 운동기구와 근기능 위주의 근저항 운동기구를 적용하였으며 운동 시스템 서버와 통신이 가능하도록 네트워크를 구성하였다.

모든 운동기구는 RFID 리더기를 장착하여 ID 카드를 이용한 개인 인증을 통해 운동 시스템 서버로부터 개인에 대한 체력수준과 운동처방정보를 전송받아 운동강도를 설정할 수 있도록 개발하였다. 운동의 종료와 함께 운동 횟수, 운동시간과 같은 운동 이력데이터는 운동 시스템 서버로 자동으로 전송되도록 설정하였다.

운동처방 및 운영시스템은 운영서버와 운동관리 소프트웨어 프로그램으로 구성하였다. 운영 서버는 운동 시스템 서버와 연동되어 운동이력을 비롯한 운동처방 정보와 같은 개인의 체력관리 서비스와 관련된 모든 데이터를 관리하기 위한 서버이다. DBMS와의 연동을 통해 체력요인 DB를 비롯한 체력 평가에 필요한 로직을 전송받고, 운동 수행 정보, 체력정보를 DBMS로 전송하도록 설정하였다.

운동관리 소프트웨어 프로그램은 체력관리 서비스를 제공하는 관리자가 서비스 대상자들을 원활하고 편리하게 관리하기 위한 소프트웨어 프로그램이다. 프로그램은 이동성을 고려하여 스마트폰 기반의 모바일 웹 환경으로 개발하였다. 신규 사용자의 경우, RFID 카드를 발급하고 기초체

력정보 및 건강과 관련한 기타 정보들을 입력받고 관리한다. 또한 개인에 대한 체력변화 양상은 데이터 관리서버와의 연동을 통해 확인하며 체력등급, 체력 연령과 같은 DB 기반의 체력요인 콘텐츠들은 체력요인 DBMS와의 연동을 통해 확인할 수 있다. 또한 운동기구 정보, 운동목적별 운동테마 등 운동 관리에 필요한 정보들을 설정하거나, 사용자들의 운동 출석 현황, 운동 프로그램 스케줄, 상담 정보 등을 확인할 수 있도록 개발하였다.

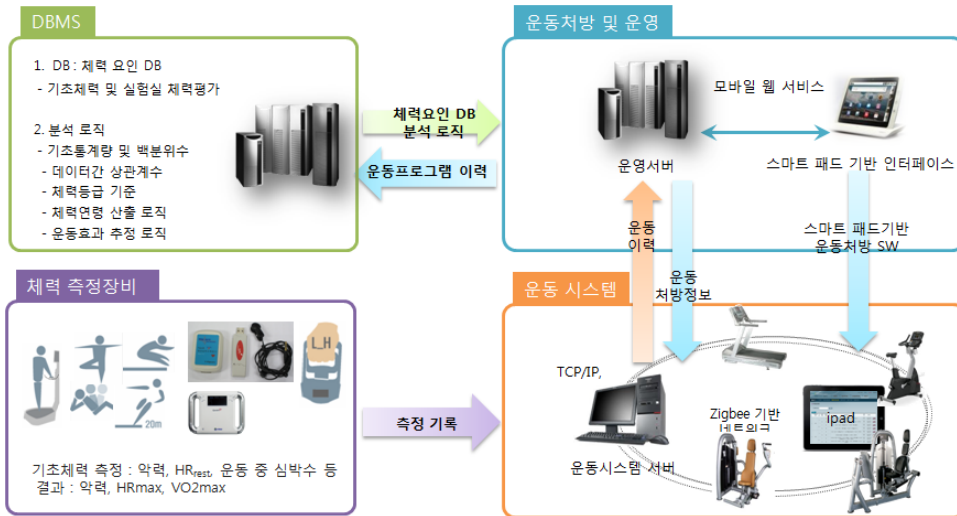
3. 결과

체력요인 DB를 활용한 u-Fitness 기반 맞춤형 운동시스템에 대한 구성도가 (그림 1)에 나타나 있다.

DBMS는 20~60대 남녀 700명에 대한 체력요인 DB를 통해 구축하였으며, DB 및 기초통계량 및 백분위수, 체력등급기준, 체력연령 산출 로직, 운동효과 추정 로직을 포함하여 운동처방 및 운영 시스템이 연동하여 사용 가능하도록 구축하였다.

체력측정장비는 악력 측정기기와 1분간 앉았다 일어서기 시 심박수 측정장비를 연동하여 데이터 관리 서버로 전송할 수 있도록 설정하였다. 운동 시스템은 심폐기능의 경우, 트레드밀과 좌식 헬스 바이크에 RFID 리더기 및 운동 제어 시스템을 구축하였다. 또한 근 기능의 경우, 체간, 상지, 하지 각각의 운동종목별로 1개 이상 씩을 선정하였으며, 세부항목으로는 상지의 경우 Arm Curl, Chest Press, Shoulder Press, Lat Pull Down, 체간의 경우 Upper Abdominal, 하지의 경우 Leg Extension, Leg Press, Leg Curl로 구성하였다.

운동처방 및 운영 시스템은 DBMS와 운동시스템 서버와 연계되어 있으며 운동관리 프로그램을 통해 확인 가능하다. 운동관리 프로그램은 IE 7.0



(그림 1) 시스템 구성도

이상(MS 기반), Safari(iOS 기반)와 같은 인터넷 브라우저 환경에서 이용 가능하다. 운동관리 프로그램의 메인 화면은 (그림 2)와 같다. 운동관리 프로그램의 주요 기능으로서 회원에 대한 개인 정보, 체력정보, 운동이력을 관리하기 위한 회원관리 기능과 회원에 대한 운동처방 및 영양 처방을 설정하고, 목적에 맞는 운동처방 및 영양처방 기준을 설정할 수 있는 처방/이력관리로 구성하였다. 또한 건강관리 상담 및 운동일정을 설정하기 위한 건강상담/예약관리와 DBMS로부터 받은 각종 로

직을 관리하거나 운동시스템 및 체력측정장비와 같이 운동관리 시스템의 하드웨어적 구성요소와 운동종목 및 방법과 같은 소프트웨어적 구성요소들을 등록하고 관리하기 위한 도구관리로 구성하였다.

구축된 시스템의 활용시나리오를 살펴보면, 먼저 체력측정장비의 악력과 1분간 앉았다일어서기를 통해 근기능 및 심폐기능을 측정한다. 측정 결과는 운동시스템의 운동시스템 서버를 통해 저장되며 운동처방 및 운영시스템의 운영서버로 전송



(그림 2) 운동관리 프로그램 메인화면 및 세부 화면의 예

된다. 운영서버는 DBMS의 체력요인 DB로부터 체력등급 기준, 체력연령 산출 로직으로부터 개인의 체력수준과 체력현황을 제공한다. 또한 IRM, 최대심박수, 최대산소섭취량과 같은 운동처방에 필요한 요소들을 산출한다. 모든 결과는 운동관리 프로그램을 통해 확인 가능하다. 운동관리 프로그램을 통해 사용자를 등록하고 체력상태를 기록하며 시간에 따른 체력상태의 변화를 그래프로 관찰할 수 있다. 또한 체력증진 및 유지, 다이어트와 같은 목적에 따른 운동처방, 식이영양 테마를 등록하고 회원이 원하는 테마를 선택하면 체력수준이 반영된 개인 맞춤형 운동처방이 이루어진다. 운동기구는 회원의 RFID 기반의 인증을 통해 운동시스템 서버가 운영 서버로부터 읽어드린 회원에 대한 운동 처방에 따른 운동강도, 시간과 같은 운동 프로그램 설정에 필요한 정보를 전송받아 운동시간 및 운동부하와 같은 운동에 필요한 상태로 운동기구를 설정한다. 모든 운동을 마친 후 운동기구는 운동 수행 정보를 운동시스템 서버를 통해 운영서버로 전송하고 운동관리 프로그램을 통해 관리자는 운동 이력을 확인할 수 있다.

4. 논 의

본 연구는 개인의 체력상태를 반영한 건강관리 서비스를 제공하기 위해 한국인의 체력요인 DB를 활용한 u-Fitness 기반의 맞춤형 운동 관리 시스템을 개발하는 것이다. 20~60대 남녀에 대한 건강관련 체력요인을 대상으로 DB를 구축하고 활용기반을 구축하였다. 건강관련 체력요인의 경우 일상생활과 밀접한 관련이 있기 때문에 건강관리 혹은 체력관리 서비스를 위해 반드시 필요한 항목이다⁹⁾. 체력요인 DB를 바탕으로 다양한 분석 결과를 도출하였는데, 체력평가를 위한 등급 기준은 5단계로 평가하였다. 이는 정규분포의 표준편

차 정도를 고려한 것으로 국민체력실태조사에서도 같은 기준을 사용한다¹⁰⁾. 체력등급과 함께 체력 연령과 같은 체력요인 각각에 대한 평가를 단일화 시킨 지표의 개발이 가능하다. 국내의 경우 체력요인 DB로부터 백분위수 기반의 체력등급을 개발하였으며¹¹⁾, 임병규¹²⁾, 이미숙¹³⁾, 이만균¹⁴⁾, 최희연¹⁵⁾ 등에 의해 성별, 연령별 등으로 구분된 다양한 모집단을 대상으로 체력연령을 추정하고 체력평가에 반영하였다. 국외의 경우 Dubina¹⁶⁾ 비롯하여 Kimura¹⁷⁾, Nakamura¹⁸⁾, Nishijima¹⁹⁾ 등에 의해 연구가 수행되었다. 본 연구에서는 체력요인 DB를 기반으로 백분위수 분석 기반으로 체력연령의 추정이 가능한 로직을 개발하여 적용하였다.

체력측정장비의 경우, 악력과 1분간 앉았다일어서기를 선정하였는데 이는 운동처방을 위한 대표적인 체력요인인 근기능과 심폐기능에 대한 체력실태를 파악하기 위한 것으로서, 근기능은 배근력계, 윗몸일으키기, 팔굽혀펴기 등 다양한 근기능 측정장비로 대체가 가능할 것이다. 심폐기능 역시 20m 왕복달리거나 줄넘기 등과 같이 심폐능력을 측정가능한 장비로 대체가 가능하다. 하지만 측정장비로부터 얻은 결과는 반드시 IRM 및 최대산소섭취량, 최대심박수와 같은 운동처방에 필요한 요소의 도출이 가능한 로직이 확보되어야 할 것이다.

운동시스템의 경우, 본 연구에서는 가장 널리 알려진 장비를 기반으로 구성하였지만 운동시스템 서버로부터 정보를 읽고 운동 이력을 저장하고 전송하기 위해서는 IT기술의 접목이 가능한 운동장비에서만 적용이 가능하다. 하지만 기보유 운동장비로부터 본 시스템을 도입할 경우, 즉시 도입이 불가능하므로 기존 장비에 센서 및 제어 기술을 접목하는 연구도 함께 진행되어야 할 것으로 사료된다.

운동처방 및 운영을 위한 운영서버의 경우 운

동시스템 서버와 별도로 구성하였는데, 만일 운동 장비로부터 유/무선 통신이 가능하다면 하나의 서버만을 운영하는 것이 가능할 것이다. 또한 체력요인 DB를 관리하는 DBMS 역시 서비스모델의 구성에 따라 하나의 서버에서 통합하여 관리가 가능하다. 운동관리 소프트웨어 프로그램은 관리자 위주의 사용 환경으로 인해 관리자가 피트니스 센터와 같은 서비스공간에서 직접 이동하면서 활용 가능하도록 모바일 환경에서 구축하였다. 만일 관리자뿐만 아니라 서비스 대상자가 직접 자신의 데이터를 확인하거나 관리할 필요성이 나타날 경우 프로그램 메뉴에 따른 접근성을 제한한 형태로 웹기반 혹은 모바일 기반의 프로그램으로 응용이 가능할 것이다.

5. 결론

본 연구는 스마트 라이프 서비스 실현을 위해 개인의 체력상태를 반영한 건강관리 서비스를 제공할 수 있는 한국인의 체력요인 DB를 활용한 u-Fitness 기반의 맞춤형 운동 관리 시스템 개발에 관한 연구이다.

본 연구를 통해 개발된 맞춤형 운동관리 시스템은 개인의 체력 상태에 대한 평가 및 현황을 관리하고 체력증진 및 유지 등 다양한 목적의 운동에 대해 개인의 체력 수준을 반영한 운동 서비스가 가능하도록 구성함으로써 안전하고 정확한 운동처방 및 관리 서비스를 제공받을 수 있다.

본 연구의 결과는 20-60대 이하 성인 남녀에 대한 체력요인 DB를 토대로 서비스가 이루어지므로 20대 이하의 학생 혹은 60대 이상의 고령자에게 적용하기에는 적합하지 않다. 최근 학생의 경우 PAPS 도입을 통해 체력요인 DB를 구축하기 위한 환경이 구성되어 본 연구를 통해 개발된 서비스의 도입이 원활하게 이루어질 것으로 판단되

지만 고령자의 경우, 측정항목이 학생과 성인 대상의 체력평가방법과 다른 요소가 많기 때문에 별도의 측정 장비 혹은 측정시스템에 대한 개발 및 DB 구축이 이루어져야 할 것이다²⁰⁾.

또한 운동 시스템의 경우 본 시스템의 도입 및 서비스가 가능한 기관 혹은 센터에서 기 보유하고 있는 운동기구를 활용할 수 있는 연구를 통해 시스템 도입비용을 절감할 수 있는 센서기반의 연구가 후속되어야 할 것이다.

위 논문은 문화체육관광부의 스포츠산업기술개발사업에 의거 국민체육진흥공단의 국민체육진흥기금을 지원받아 연구되었습니다.

참고 문헌

- [1] 지식경제 R&D 전략기획단, 한국생산기술연구원, 미래형 웰니스산업 동향분석 및 발전방안. 지식경제부, 2012.
- [2] 임한철, "인터넷 기반 운동처방 프로그램 개발과 평가", 연세대학교 보건대학원, 석사 학위 논문, 2000.
- [3] 이동기, 엄우섭, "웹 기반 운동처방 교육 프로그램 모형 개발 연구", 한국운동생리학회, 제14권, 제3호, pp.403-415, 2005.
- [4] 양낙용, "개인 맞춤형 운동처방 시스템의 설계 및 구현", 경희대학교 대학원, 석사학위 논문, 2008.
- [5] 배종진, 최승오, 'U-healthcare를 대비한 운동처방 인프라 및 웹 어플리케이션 개발', 한국사회체육학회지, 제37권, 제2호, pp.1217-1230, 2009.
- [6] 인천광역시 교육청, 맞춤형 학생건강체력평가 시스템 구축연구 종합보고서, 2007.
- [7] 국민체육진흥공단 체육과학연구원, 국민체력인증사업을 위한 성인체력증진운동지침서. 문화체육관광부, 2010.

[8] 김사엽, 정경렬, 최준호, 박성빈, "스포츠인체모델 개발을 위한 기반기술 개발", 대한기계학회, 대한기계학회 2010 추계학술대회, pp.250, 2010.

[9] ACSM, ACSM's guidelines for exercise testing and prescription(8thed). Baltimore: Williams & Wilkins, 2010

[10] 국민체육진흥공단 체육과학연구원. 2011 국민체력실태조사. 문화체육관광부, 2011.

[11] 박철호, 박길준, 정종훈, 안영필, 이상우, 정삼현, 박찬희, 조재기, 박준동, 여남희, "한국성인의 체력연령에 관한 연구", 한국체육학회지, 제28권, 제1호, pp.1167-1186, 1989.

[12] 임병규, "성인남성의 건강관련 체력연령 추정식 개발". 한국발육발달학회지, 제6권, 제1호, pp.1-13, 1989

[13] 이미숙, "고령자의 일상생활관련 신체기능의 평가 : 주성분분석의 활용", 한국체육측정평가학회지, 제3권, 제1호, pp.131-146, 2001.

[14] 이만균, 성순창, 공성아, "남성 노인의 활동체력연령 추정식 개발", 한국체육학회지, 제44호, 제5호, pp.473-483, 2005.

[15] 최희연, 장명재, 김형돈, "노인여성의 활동체력평가 및 지표 개발". 한국체육측정평가학회지, 제13권, 제3호, pp.33-42, 2011.

[16] T. L. Dubina, A. Y. Mints, & E. V. Zhuk. "Biologicalage and its estimation. III. Introduction of a correction to the multiple regression model of biological age and assessment of biological age in cross-sectional and longitudinal studies", Exp. Gerontology, Vol.19, No.2, pp133-143, 1984.

[17] Kimura M., Mizuta, C. Yamada, Y., Okayama, Y., & Nakamura, E. (2012). Constructing an index of physical fitness age for Japanese elderly based on 7-year longitudinal data : sex differences in estimated physical fitness age. AGE 34 : 203-214.

[18] E. Nakamura, T. Moritani, A. Kanetaka, "Further evaluation of physical fitness age versus physiological age in women". European Journal of Applied Physiology, Vol.78, No.1, pp.195-200, 1998.

[19] T. Nishijima, S. Takahashi, T. Matsumoto, T. Nakano, K. Suzuki, H. Yamada, K. Ohtsuka, M. Matsuda, & S. Kuno, "A Comparison of Estimation Models of Physical Fitness Age for Elderly People using the Japan Fitness Test". International Journal of Sport and Health Science, Vol. 4, No. 1, pp. 591-605, 2006.

[20] R. E. Rikli, & C. J. Jones, Senior Fitness Test Manual. California State University, Fullerton, 2001.

저 자 약 력



박 성 빈

이메일 : linus007@kitech.re.kr

- 2005년 동의대학교 산업공학과(학사)
- 2007년 동의대학교 산업공학과(석사)
- 2007년~2009년 한국표준과학연구원 / 석사후연수원
- 2009년~현재 한국생산기술연구원 웰니스융합연구그룹 연구원
- 관심분야: 응용통계, 인간공학, 스포츠과학



최 준 호

이메일 : cchoi@kitech.re.kr

- 1997년 서울대학교 물리교육과(학사)
- 1999년 서울대학교 과학교육과(석사)
- 2005년 서울대학교 물리학부(박사)
- 2005년~현재 한국생산기술연구원 웰니스융합연구그룹 수석연구원
- 관심분야: 스포츠과학, u-Health, 웰니스



형 준 호

이메일 : freegore@kitech.re.kr

- 2005년 한국기술교육대학교 디자인공학과(학사)
- 2007년 한국기술교육대학교 디자인공학과(석사)
- 2007년~현재 한국생산기술연구원 웰니스융합연구그룹 연구원
- 관심분야: 산업 디자인공학, 인간공학적 시스템 설계



김 사 업

이메일 : sayub@kitech.re.kr

- 2002년 영남대학교 전기전자공학과(학사)
- 2005년 연세대학교 의공학과(석사)
- 2005년~현재 한국생산기술연구원 웰니스융합연구그룹 선임연구원
- 관심분야: Aging, Biomechanics, Cardiovascular Exercise Physiology.



정 경 렬

이메일 : chungkr@kitech.re.kr

- 1981년 서울대학교 기계공학과(학사)
- 1983년 한국과학기술원 기계공학과(석사)
- 1987년 한국과학기술원 기계공학과(박사)
- 1989년 한국과학기술원 기계시스템실 선임연구원
- 1996년 한국생산기술연구원 생산시스템개발센터 수석연구원
- 1996년~현재 한국생산기술연구원 웰니스융합연구그룹 그룹장
- 관심분야: 웰니스 시스템, 시스템 공학, 제품 디자인