Journal of The Korean Society of Integrative Medicine, 2022, 10(4), 261~275
https://doi.org/10.15268/ksim.2022.10.4.261
ISSN 2288-1174(Print)
ISSN 2383-9651(Online)

대사질환자를 위한 맞춤형 융합 해양치유 운동프로그램 운영방안

이시우[1] · 임병걸[2] · 김현준[3†]

[1](주)닥터엑솔 선임연구원, [2](주)닥터엑솔 연구소장, [3†]한국치유협회 협회장

Operation Plan for a Customized Convergence Marine Healing Exercise Program for Metabolic Disease Patients

Si-Woo Lee, MS[1] · Byung-Gul Lim, MS[2] · Hyun-Jun Kim, Ph.D[3†]

[1]Dept. of Dr. EXSol Co., Ltd., Senior Researcher
[2]Dept. of Dr. EXSol Co., Ltd., Director of Research
[3†]Korea Therapy Association, President

Abstract

Purpose : According to the Korean Diabetes Association, the number of metabolic disease patients in Korea is approximately 14.97 million as of 2020;, the prevalence of diabetes among adults over 30 years old is 44.3 %, and the prevalence of diabetes in the elderly over 65 years old is 50.4%. These individuals exposed to the risk of complications. Therefore, the purpose of this study was to determine a distribution method for a customized fusion exercise marine healing program for metabolic disease patients.

Methods : We have searched numerous papers concerning artificial intelligence (AI), virtual reality (VR), augmented reality (AR), and marine resources related to marine healing programs that can be introduced in marine healing centers for people with metabolic diseases

Results : Through the production of various marine resources and evidence-based exercise programs, the provision of exercise programs using AI, and the development of exercise platforms using AR and VR, we were able to establish guidelines for how to operate marine healing programs at marine healing centers.

Conclusion : Korea has much more diverse marine healing resources than other advanced countries in the marine healing industry. However, the development of these resources has only just begun. It is hoped that the studied marine healing program will be of great help to metabolic patients by creating contents that will be implemented in marine healing centers by using the cutting-edge technologies and various marine resources that Korea possesses.

Key Words : AR, AI, marine healing center, marine therapeutic resources, personalized exercise program

†교신저자 : 김현준, mb611@hanmail.net

※ 본 논문은 해양수산부 국가연구개발사업(해양치유자원의 효능/표준화 기술개발 및 해양치유자원의 생애주기 안전관리방안, 20220027)의 지원을 받아 수행한 연구결과입니다.

제출일 : 2022년 10월 17일 | 수정일 : 2022년 11월 15일 | 게재승인일 : 2022년 11월 25일

Ⅰ. 서 론

대한당뇨병학회에서 발표한 'Korean Diabetes Fact Sheet in 2022'에 따르면, 대한민국의 대사질환자(당뇨병 전단계) 수는 2020년 기준 약 1,497만 명으로, 만 30세 이상 성인의 대사질환자(당뇨병 전단계) (공복혈당 100~125mg/dL, 당화혈색소 5.7~6.4 %) 유병률은 44 %에 달하며, 65세 이상 노인의 유병률은 50%로 노인 2명 중 1명은 고혈당과 합병증 위험에 의해 고통받고 있는 실정이다. 연령별 대사질환자(당뇨병 전단계) 유병률을 보면 30~39세 남 38 %, 여 23 %, 40~49세 남 50 %, 여 32%, 50~59세 남 49 %, 여 52 %, 60~69세 남 50 %, 여 54 %, 그리고 70세 이상 남 52 %, 여 48 %에서 나타난 바와 같이 젊은 남녀에게도 많이 나타나며, 연령의 증가에 따라 유병률이 급격하게 증가된다(Korea Diabetes Association, 2022).

이러한 대사질환자(당뇨병 전단계)에게 효과적인 치료 및 관리 방법으로는 약물요법, 식이요법과 함께 운동요법을 꼽을 수 있다. 대사질환자(당뇨병 전단계)의 혈당 관리에 있어서 1차 치료로 식이요법이 권장된다. 일반적으로 대사질환자(당뇨병 전단계)의 영양 섭취에서 지방질이 제한된 식사요법과 해조류 위주의 식사요법 후 혈당치가 유의하게 감소되었다(Cha, 2008). 섬유질 섭취는 당 흡수를 지연시켜 당뇨병 환자에게 하루 25～50 g 정도 섬유질을 섭취하도록 권장하고 있는데(Anderson 등, 2003), 해조류의 총 식이섬유 함량은 건조중량 기준으로 33~75 %이며 이 중 56~85 %가 수용성이므로 식이섬유의 좋은 급원이 될 수 있다(Lee, 1996).

또한, 규칙적인 운동은 전신의 혈액순환을 촉진시켜 말초혈관의 혈류량을 증가시키고, 근육과 지방세포의 인슐린 감수성을 증가시킴으로써 적은 양의 인슐린으로도 효과적인 혈당조절을 가능하게 해준다. 저항성 운동이 근력과 근육량을 증가시키고, 유산소운동은 산소 이용능력을 향상시켜 체지방을 감소시키는 데 효과적이라고 알려져 있다(Plowman & Smith, 2014). 요즘은 AI의 개발로 인해 개인맞춤형 운동프로그램 제공이 가능해졌다. 운동에 따른 체격, 자세, 체력 변화 정보 및 데이터를 자동으로 관리를 하면서 개인 능력에 대한 분석 및 진단을 통해 처방이 가능한 단계까지 개발되었다.

해양치유는 최근 주목받고 있는 해양 관련 산업 분야라 할 수 있다. 해양치유란 "해양의 다양한 자원을 활용하여 신체적·정신적 건강증진을 목적으로 하는 활동"으로 정의하였으며(Kim 등, 2019), 해양치유자원이란 인간의 질병 예방, 건강증진, 재활, 치료를 목적으로 하는 치유행위에 사용되는 해양자원으로 과학적 검증과 임상실험을 통한 효능이 입증된 것이다. 해양치유자원의 종류에는 해수(표층해수, 해양심층수, 염지하수), 해양광물(천일염, 머드, 해사, 해양스톤), 해양생물(해조류, 해양미세조류, 해양동물, 염생식물), 해양기후(해풍, 태양광선), 기타자원(해변, 해송림) 등의 자원이 있다(Sung, 2021). 그리고 법에서 해양치유서비스란 "해양치유자원과 해양치유시설을 기반으로 하여 제공하는 서비스"로 정의하였다(Shin & Jo, 2021).

현재 우리나라에 해양치유시설로는 해양치유센터를 이야기할 수 있다. 해양치유센터는 지역의 해양자원을 활용하여 환자의 회복과 일반인의 건강증진 등을 위한 해양치유 프로그램을 운영하는 종합 시설이다. 해양수산부는 해양치유산업 활성화 및 해양치유사업 모델 개발을 위해 전남 완도, 충남 태안, 경북 울진, 경남 고성 등 4개의 해양치유 협력 지자체를 선발하여 지역별 특화 해양치유 프로그램을 개발하고, 2024년까지 총 1,354억 원을 투자하여 해양치유센터 4개소를 건립할 예정이다. 이 가운데 완도에서 가장 먼저 해양치유센터가 착공돼 2022년부터 운영이 시작될 계획이다(Ministry of Oceans and Fisheres, 2021).

해양치유 및 복지정책 수립을 위해 일반 국민 557명에 대한 설문조사를 하였다. 몇 가지 조사지 중, '해양치유를 통해 기대하는 치유 효과'에서는 신체 건강증진(면역력 향상, 해독, 긴장·스트레스 지수 완화), 피부질환(아토피 등), 정신건강 증진(자아 성찰, 사회적 관계 향상), 노화 방지와 미용·다이어트, 체질 개선, 염증 질환, 호흡기 질환, 재활치료, 대사질환(고혈압, 당뇨 등) 순으로 나타났으며, 이 선호도를 연령대로 분석해보면 19~29세는 신체 건강증진과 정신건강 증진을, 30대는 신체 건강증진 외에 피부질환·정신건강 증진·노화 방지 등을, 40대는 30대보다 노화 방지에 대해, 50대는 대부분 질환에 대한 기대치 선호를 나타냈다(Hong, 2019). 설문을 바탕

으로 해양치유센터의 콘텐츠에는 건강 및 질환에 대한 선호도가 높은 것을 알 수 있었고, 이러한 근거를 바탕으로 해양치유센터에 들어갈 콘텐츠를 개발 및 진행할 때 건강 및 질환에 집중해서 개발하여 참여하고자 하는 국민의 요구에 맞춰 해양치유센터가 활성화될 수 있어야 한다.

현재 해양치유센터의 위치는 전국에 4곳으로, 바닷가 쪽에 위치한다(Ministry of Oceans and Fisheres, 2021). 주거지가 해양치유센터 근처라면 지속적인 치유 서비스를 받기 좋지만, 주거지가 멀다면 지속적인 서비스를 받기 힘들 수밖에 없다. 그러므로 해양치유센터에 방문했을 때뿐만 아니라 서비스 이용 후 일상생활로 돌아갔을 때도 받을 수 있는 서비스가 형성되어야 한다.

최근 인터넷과 컴퓨터 기술은 급속한 발전을 이루었고 수많은 새로운 기술이 등장하였으며, 그 중이 한 분야 가상현실(VR)은 현재 상대적으로 주목도가 높은 기술이다. 가상현실(VR)에서 컴퓨터가 만든 환경에 완전히 몰입된다. 특히, 가상현실 시뮬레이션은 현장에서도 환자들의 신체기능과 운동수행 능력 등의 신체적인 측면과 아울러 인지기능과 낙상 효능감 등 정서적으로도 긍정적인 결과를 보여준다(Chan 등, 2010; Cho & Sohng, 2014; Lewis 등, 2011). 증강현실(AR)에서는 사용자가 현실 세계와 그 위에 겹친 가상 객체를 모두 볼 수 있다는 장점이 있다. 이러한 기술들은 운동의 제약을 해결할 뿐만 아니라 운동 중 대상자들에게 운동을 안내하여 운동을 교정할 수 있고 정확한 피드백을 제공하여 개별 운동학습을 향상할 수 있는 연구 결과가 있다(Da Gama 등, 2012). 해양치유 프로그램 또한 센터에 와서 받는 서비스뿐만 아니라 가상현실과 증강현실을 활용한 콘텐츠들을 개발하여 각종 플랫폼으로 서비스를 제공할 수 있다면 일회성이 아닌 지속이 가능한 해양치유서비스 제공이 가능할 것이다.

따라서 본 논문에서는 대사질환자(당뇨병 전단계)들에게 일회성으로 끝나는 서비스 제공이 아닌 인공지능(AI)을 활용한 개인맞춤형 운동프로그램, 각종 해양자원과 대면·비대면 프로그램과 함께 대사질환자(당뇨병 전단계)를 위한 해양자원을 활용한 해양치유 프로그램 운영방안에 대해 알아보고자 한다.

Ⅱ. 연구결과

1. 해양자원과 운동

일반적으로 해양자원이란 해양으로부터 이용·개발이 가능한 자원으로 해양생물자원, 해양광물자원, 해양에너지 자원 등을 포함하는 것으로 정의된다(Yang, 2015). 최근에는 자연의 자원을 이용해 신체를 치료하는 해양치유가 새로운 방안으로 떠오르고 있다. 산림치유와 함께 휴양치유로 불리는 해양치유에는 많은 방법을 다양하게 사용할 수 있다(Kim, 2019). 이러한 자연치유 방법은 검증되지 않은 민간요법처럼 시행되는 것이 아닌 과학적으로 확실하게 검증된 후 시행되어야 한다. 해양치유는 기후요법을 중심으로 발전됐으며, 현재는 다양한 해양자원을 활용한 운동요법과 영양요법 등이 실시되고 있다.

1) 해조류와 운동

미역, 다시마와 같은 해조류 추출물의 처치와 에어로빅댄스로의 운동 병행이 위약 처치와 운동을 병행한 방법보다 더 효과적인 체지방 감소를 가져왔다고 할 수 있다(Seo 등, 2003). 항산화 물질은 운동 중에 발생하는 활성산소를 중화시킴으로써(Boyum 등, 1996) 운동 후 쌓이는 피로물질을 감소시키는 효과가 있다(Michael 등, 2009). 여러 종류의 항산화 물질 중 특히 폴리페놀(Polyphenol) 성분이 함유된 식품의 효능이 보고되고 있다(Haung & Wang, 2004; Vinson 등, 2002). 폴리페놀은 하이드록실기(hydroxyl)를 2개 이상 가지고 있는 물질로 채소와 과일에도 풍부하지만, 해조류에서도 많이 추출되고 있다(Ruperez 등, 2002). Murase 등(2006)은 녹차에서 추출한 카테킨을 10주 동안 쥐에게 복용한 결과 대조군에 비해 지구력이 30 % 정도 상승했으며, 이는 근육 글리코겐 및 말로닐코에이(Malonyl-CoA)가 증가하여 지구력을 향상한 것으로 제시하였다. 또한 폴리페놀은 산화질소 함성 효소(iNOS)의 활동을 억제하고 산화질소 생성을 감소시켜 뼈대 근육의 손상을 예방할 수 있을 것으로 알려져 있다(Larrosa 등, 2010). 이렇듯 폴리페놀을 이용한 다각적인 항산화 연구가 진행됐으며 선행연구 결과에서는 국내 대표적인 해조류 5종(톳, 김, 미역, 파래,

다시마)의 항산화 효과를 조사한 결과 다시마와 파래의 항산화 효과가 우수하다고 하였으며(Kwak 등, 2005), Ruperez 등(2002)은 적조류(rhodophyceae)와 갈조류(phaeophyceae)와 같은 해조류에서 폴리페놀 성분이 높은 것으로 보고하였다. 결론적으로 해조류 추출물 섭취는 유산소 능력을 향상시킬 수 있는 가능성과 운동으로 발생한 피로를 줄이는 항 피로 효과뿐만 아니라 운동 후 집중력을 유지할 수 있는 효과를 기대(Yoon & Oh, 2013)할 수 있기에 해양자원을 이용한 운동프로그램의 시너지 효과를 끌어낼 수 있다.

2) 해양심층수와 운동

해양심층수란 태양광이 도달하지 않는 바다의 수면으로부터 약 200 m 이하의 해수로 수온의 변화가 거의 없는 고압 저온 상태의 바닷물이다. 심해의 물은 미네랄이 풍부하고 유기물과 오염 물질들이 수심 200 m까지 내려오기 힘들어서 순수한 상태를 유지한다. 마그네슘, 칼슘 등의 유용 미량원소와 다양한 미네랄이 균형 있게 포함되어 있으며, 청정성, 부영양성, 숙성성, 저수온성, 고미네랄등의 특징을 가지고 있다(Inaba 등, 2001; Nakagawa 등, 2000; Takahashi, 2001). 최근 해양심층수(DSW)는 일부 생활 습관 질환에 대한 치료적 개입으로 많은 관심을 받기 시작했다. 미국과 일본에서는 40~50년 전부터 해양심층수에 관심을 가지기 시작했으며, 최근에는 화장품, 수산 식품, 의학, 음료 등 다양한 분야에서 중요도와 활용성이 커지며 각광을 받고 있다(Ryu, 2018).

해양심층수와 관련된 사전 연구를 살펴보면, Lee(2007)는 해양성 심층수에 용존해 있는 주요 미네랄 및 미량 미네랄이 장시간 운동 시와 회복기에 수분 및 전해질 균형의 조절하고 피로회복을 촉진할 수 있다고 하였고, Park(2011)은 혈청의 HDL-cholesterol의 함량을 높여준다고 하였다. Hwang 등(2009)의 선행연구에서는 ob/ob 마우스에서의 해양심층수의 항비만 및 항당뇨병 효과를 조사하였다. DSW-feed 그룹에서 84일 후 체중 증가는 대조군에 비해 7 % 감소했고, 혈장 포도당 수치는 대조군 생쥐에 비해 35 %나 많이 감소했다. 경구 포도당 내성 테스트 결과 해양심층수를 투여한 그룹은 84일 후 포도당 폐기량이 유의미하게 증가한 것으로 나타났다. 해양심층수는 아디포넥틴의 혈장 단백질 수치를 증가시키고 레지스틴, RBP4, 지방산 결합 단백질의 혈장 단백질 수치를 감소시켰다. 또한 뼈대 근육 조직에서 GLUT4 및 AMP 활성화 단백질인산화효소 수치가 증가하였고 해양심층수 공급 마우스 지방조직에서는 페르옥시솜 증식제 활성화 수용체 감마 및 아디포넥틴이 감소하였다. 이러한 결과는 해양심층수의 항당뇨병 및 항비만 활성은 당뇨병 특이 분자와 비만 특이 분자의 발현을 조절함으로써 매개되었음을 시사한다. 이러한 결과를 종합하면, 해양심층수의 지속적인 섭취가 비만과 당뇨병을 개선할 가능성을 제공한다고 하였다.

2. 대사질환자(당뇨병 전단계)를 위한 운동프로그램 구성 원리

당뇨병 환자들에게 권장되는 운동의 종류로는 비교적 강한 근육의 움직임을 통해 에너지대사를 개선하는 '저항운동'과 근육을 지속적으로 움직이게 만들어 연속적으로 열량을 소비하는 '유산소운동'이 있다. 하지만 개인의 건강 상황을 고려하지 않고 막연하게 저항운동 및 유산소운동을 진행하는 것을 당뇨병 환자에게 적합한 운동이라 말하기는 어렵다. 따라서 당뇨병 환자 개개인의 건강 특성을 고려하고 혈당 관리에 더 효과적이며 지속、실천할 수 있는 운동프로그램의 개발이 필요하다. 이에 개인의 특성을 고려하여 당뇨병 환자를 위한 운동프로그램을 구성할 때 활용할 수 있는 '혈당 관리를 위한 개인맞춤형 운동프로그램 구성 원리'를 기존 연구 결과를 바탕으로 정리하였다.

1) 혈당조절을 위한 유산소운동

유산소운동이란, 에너지를 산소 대사를 통해 생산하여, 지속적인 힘을 내게 하는 운동으로, 달리기, 자전거, 걷기, 등산, 수영 등의 종목이 있다(Min 등, 2005). 유산소운동은 비만 및 과체중인 사람들에게 필요한 운동 중에 하나로, 운동 선택 시에는 개인의 능력과 체력에 맞는 충격이 적은 운동을 선택하고, 운동 강도는 운동 중 상대와 대화를 할 수 있으며, 지방과 글리코겐을 완전연소 시킬 수 있는 정도의 높지 않은 운동의 강도이어야

하며, 1회에 쉬지 않고 최소 20분 이상 수행하여야 하고, 1주일에 최소한 3일 이상 실시하여야 한다고 권장하고 있다(Yun & Jeong, 2010). 특히, 당뇨병 환자에 있어 혈당을 유지하는 것은 매우 중요하므로 혈당조절을 위해 많은 에너지소비로 효과적인 유산소운동을 권장한다.

유산소운동의 효과에 관한 연구에 의하면, 유산소운동을 수행할 때 에너지원으로 혈당을 사용하기 때문에 적절한 강도의 유산소운동은 당뇨병 환자의 대사기능을 증진하고 심혈관합병증을 예방하는 효과를 보인다고 보고되고 있어(Cano-De 등, 2009) 치료 및 관리에서 효과적이라 할 수 있다. 또한 운동 강도에 따른 신체에 미치는 영향에 관련된 선행연구들을 살펴보면, 고강도 운동은 관절이나 인대, 근육 등에 강한 충격으로 인해 신체적 손상이 올 수 있으며, 산화로 인한 조직세포의 손상을 더욱 가속하여 당대사 기능의 저하를 초래하기 때문에 오히려 혈당을 더욱 증가시킬 수 있다고 알려져 있다(Gulve, 2008). 이에 당뇨병 환자들에게는 효과적인 혈당 감소를 위해 중·저강도의 유산소운동이 권장되고 있는데, 많은 연구에서 중·저강도 운동프로그램 참여 후 혈관 기능을 개선하고, 신체 내의 산화 스트레스에 대항하고, 근수축의 반복으로 인해 혈당이 세포막으로 이동하여 근육으로의 혈당 유입을 증가시켜 혈당 개선(Kraniou 등, 2006)을 보였다는 결과들이 보고되고 있는 것으로 보아 유산소운동은 혈당조절 및 당뇨병 합병증을 예방할 수 있다고 사료되어 진다(Kim & Lee, 2018).

2) 체중조절을 위한 순환운동

많은 연구 결과에서 혈당 관리에서 순환운동을 통한 적정 체중의 유지는 당뇨 환자에게 매우 중요한 요소라고 보고하고 있다.

복부 주위로 축적된 복부비만은 내장지방에서 유리된 유리지방산이 간 문맥을 타고 간으로 유입되어 인슐린 작용을 손상하고 인슐린 배출을 감소시킨다(Terry 등, 1991). 이에 따라 포도당이 간 또는 근육에서 충분한 일을 하지 못해 포도당이 쌓이게 된다. 과도하게 많아진 포도당을 저장시키기 위하여 지속적으로 인슐린을 분비하게 되며, 나중에는 인슐린에 대한 저항성이 생겨 당뇨병, 고지혈증, 고혈압, 심혈관질환 등을 유발하게 된다(Kim & Park, 2012). 또한 당뇨병 환자를 대상으로 비만도에 따라 만성질환 위험요인을 분석한 결과 비만도가 증가할수록 비만도가 낮은 사람에 비해 비만도가 높은 사람이 대사증후군의 발병률이 높게 나타났으며(Jeon 등, 2009), 심혈관질환 발생 가능성 또한 높아진다는 연구 결과가 나왔고(Bin, 2009), 체중감량은 비만에 의해 나타나는 염증인자에 영향을 미치는 인슐린의 기능인 신호전달 체계를 보완해주는 것으로 확인되었다(Park, 2005). 즉, 당뇨병 환자의 체중 변화 정도가 대사증후군 발병 및 심혈관질환 발생에 유의미하게 관여하는 것으로 확인되었다.

체중을 유지 및 감소시키기 위한 좋은 방법으로는 순환운동이 있다. 쉬는 시간 없이 계속해서 정해진 위치에서 정해진 운동을 반복하며 제자리로 돌아오는 운동이다. 순환운동은 다양한 동작을 연속적으로 실천할 수 있도록 구성되어 있어 운동 경험이 부족한 사람들도 지루함을 느끼지 않고 꾸준히 참가하기 좋고, 운동기구의 무거운 중량이 부담스럽지 않도록 소도구 또는 체중을 이용하는 운동이다(Care, 2022). 또한 무산소성 근력운동에 유산소성 체력운동을 추가하여 종합적이면서도 근력 기능뿐만 아니라 심폐기능의 강화까지 모색한 것이 바로 순환운동이다(Kim & Choi, 2014).

순환운동은 근육을 질적·양적으로 개선함으로써 신진대사를 원활하게 하고, 기초대사량을 높여 체지방 연소가 잘되는 몸으로 변화시킨다. 또한 신체 능력과 운동의 목적에 따라 운동부하 및 동작을 설정할 수 있으므로 개인맞춤형 운동 제공이 가능하고, 그로 인한 운동 효과를 기대할 수 있으며, 기초체력의 요소들을 골고루 발달시킬 수 있어 전신 체력 향상에 효과적이다. 이와 같은 효과는 혈당 관리의 개선에도 도움을 준다. 이는 인슐린 저항성 개선에 매우 효과적으로 작용하며(Ha & Son, 2018), 체지방 감소로 인한 인슐린 민감성 조절과 혈당 인슐린의 감소, 미토콘드리아의 수와 크기 및 기능 개선을 통해 혈당을 긍정적으로 조절한다고 보고되었다(Roberts 등, 2013).

3) 신경가소성 향상을 위한 고유수용감각운동

당뇨병 환자가 말초신경병증을 예방하는 것은 매우

중요하다. 선행연구들의 결과에서 당뇨병 환자 및 대사질환자(당뇨병 전단계)의 신경가소성 향상에 고유수용감각운동이 효과적인 방법이라고 보고되고 있다.

당뇨병은 뇌혈관질환과 함께 다른 신경학적 질환의 발생과 관련이 있으며, 합병증으로 심혈관 질환뿐만 아니라 많은 질병의 위험 인자로 알려져 있다. 연구에 따르면 당뇨병뿐만 아니라 당뇨 전 단계 및 대사증후군 환자에게서도 신경 변성의 위험 증가 및 인지기능이 저하된다는 것이 밝혀졌다(Luchsinger 등, 2004; Ott 등, 1999). 또한 당뇨병 환자는 정신 장애 및 뇌 기능 장애의 위험성이 크다고 보고되며(Zhen 등, 2013), 특히 고령자들의 유병률이 높게 나타났다(Thomas 등, 2001).

연구에 따르면 신체활동을 통해 신경세포의 성장과 뇌 손상을 억제하고, 뇌 신경가소성 인자들이 인지기능과 학습 능력을 향상시키며 뇌 신경세포의 가소성에 긍정적으로 작용하는 것으로 보고된다(Ploughman, 2008). 고령자 16명을 대상으로 12주 동안 주 3회 운동을 적용하여 실험한 결과 뇌 신경가소성 인자인 신경성장인자(nerve growth factor, NGF)와 뇌유래신경성장인자(brain-derived neurotrophic factor, BDNF)의 유의한 변화가 나타났다. 이러한 결과로 볼 때, 규칙적인 운동은 당뇨병 전단계 고령자의 BDNF를 증진하는 데 효과적인 것으로 나타나 인지기능의 향상과 뇌 질환 및 신경학적 질환 예방에 긍정적 영향을 준다고 보여진다(Kim & Kang, 2021).

고유수용감각은 신체 분절의 위치와 움직임 정보를 운동 조절 시스템을 통해 제공하여 관절 안정화 및 신체의 통합성(integrity)을 유지하는 역할을 한다(Moraes 등, 2011).

고유수용감각을 회복 또는 증진시키는 '고유수용감각 운동'으로는 요가, PNF 및 플라이오메트릭 운동이 있다.

요가는 2형 당뇨병과 관련된 위험 요소 관리에 효과가 있는 것으로 알려졌다. 특히 뇌신경가소성 향상을 목적으로 만들어진 브레인요가는 뇌 기능 향상을 통해 전반적인 건강을 개선하며, 단기기억력과 BDNF 증진에도 효과가 있다고 보고되었다(Yang 등, 2021).

고유수용성 신경근 촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)은 근육군의 강화·이완·촉진과 억제를 통하여 기능 운동을 증진시켜 관절의 가동범위와 근력 및 유연성을 향상하는 데 효과적이며, 감각기능 개선에 효과적인 것으로 밝혀졌다(Singh 등, 2016).

플라이오메트릭(plyometric) 운동은 신장-단축 운동 기법이라고도 한다. 근육을 신장성 수축 후, 빠르게 단축성 수축을 통해 근육·관절·인대·힘줄의 고유수용기, 신경근 수용기의 활성도를 증가시켜 순간적으로 근력을 높이는 운동으로, 식후 플라이오메트릭 운동은 당뇨병 환자의 식후혈당 수치를 감소시킬 수 있다고 보고되었다(Dwipajati 등, 2017).

4) 관절염 예방을 위한 유연성 운동

당뇨병 환자에게 관절염이 진행되기 전 예방하는 것은 매우 중요하다. 따라서 관절염의 원인이 되는 물렁조직의 경화 개선에 효과적인 유연성 운동을 권장한다.

유연성이란 근육뼈대계통이 정상적인 기능을 발휘하기 위해 관절의 적절한 가동범위를 유지하는 능력의 정도를 말하는 것으로, 신체적성의 기본 요인으로서 운동상해 예방은 물론 운동수행 능력에도 큰 영향을 미치며, 관절염의 개선 및 예방에 중요한 요인 중 하나이다.

당뇨병 환자에게는 정도가 심해짐에 따라 물렁조직의 유연성이 경화되는 현상이 나타나기도 한다. 선행연구에 따르면, 뼈 관절염을 유발한 실험 동물 중에 당뇨병이 같이 있는 실험군은 비교군에 비해서 관절염이 심하게 발생하는 것이 확인되었다(Choi, 2006). 당뇨병으로 인해 관절연골 내에 축적되는 물질인 당화산물이 관절염을 굳게 만들어 악화시킬 수 있다는 것이다(DeGroot 등, 2004).

관절염은 신체활동을 감소시켜 결국에는 사용하지 않는 모든 근육을 약화하고, 통증, 피로, 관절부종, 경직 등의 문제를 일으켜 건강을 악화시키고, 삶의 질을 떨어뜨리게 만든다. 하지만 규칙적인 운동은 관절이 굳는 것을 방지해 줄 뿐만 아니라, 심장과 폐의 기능을 향상시켜 피로감을 덜어줄 수 있다. 또한 근력이 상승하고 관절의 가동범위가 커지며, 체중조절을 통해 무릎에 가해지는 압력을 감소시킬 뿐만 아니라 체력을 향상시켜 일상생활을 수월하게 만든다. 따라서 당뇨병 환자의 운동프로그램을 구성할 시 관절염의 유·무와 관절 상태를 고려하여 유연성 운동을 추가하는 것이 좋다.

유연성 운동이 당뇨병 환자의 혈당 관리능력에 미치는 효과를 다룬 선행연구 결과에 따르면, 혈당 수치는 두 그룹 간 유의한 차이가 나타났고, 당화혈색소 수치는 유연성 운동을 진행한 그룹에서 유의하게 감소한 것으로 나타났다. 이를 보았을 때 각 관절 위주의 유연성 운동은 당뇨병 환자의 혈당조절에 도움을 줄 수 있다는 것을 알 수 있다(Park, 2015).

5) 말초 혈액순환을 위한 하체 근력운동

당뇨병 환자에 있어 에너지대사 및 신진대사의 활성화를 통한 혈당 관리와 합병증을 예방하는 것은 매우 중요하다. 선행연구 결과에서 당뇨병 환자의 말초 혈액순환을 통한 합병증 예방에 하체 근력운동이 효과적인 방법이라고 보고하고 있다.

당뇨병은 하체의 신체조성과 관련성이 높은 것으로 알려져 있다. 허벅지 둘레와 당뇨병 유병률 간의 상관관계 연구에 의하면 나이, 당뇨별 가족력, 운동 여부, 흡연 경력 외에 부가적으로 허리둘레, 체질량지수를 통제하였을 때 남자와 여자 모두 허벅지 둘레가 커질수록 당뇨병 유병률이 감소한 것으로 나타났다. 기준 군과 비교하면 허벅지 둘레 차이가 가장 큰 비교군에서의 당뇨병 유병률이 여자는 4.1배, 남자는 2.9배 높았다. 이는 모두 통계학적으로 유의하였다(Jung, 2012). 또한 허벅지 둘레를 차지하는 주요 구성인자를 파악한 결과, 여성의 경우 피하지방이 많은 부분을 차지하고 있고, 남성은 대부분 피하지방과 근육을 포함하고 있는 것으로 나타나고 있으며, 남성의 허벅지에 있는 피하지방은 인슐린 저항성 및 당대사 개선에 긍정적 영향을 미치며, 혈중지질 농도에도 긍정적 결과를 초래한 것으로 파악되었다(Snijider 등, 2005).

허벅지 근력운동만을 집중적으로 시행했던 연구에서는 모든 집단의 허벅지 둘레가 유의하게 증가하였으며, 운동의 강도에 따라 허벅지 둘레의 증가 수준에 차이가 있었다(Kim & Lee, 2018). 이는 허벅지 운동이 근육 내의 단백질 합성을 유도하는 IGF-1(insulin-like growth factor 1), 테스토스테론(testosterone)과 같은 호르몬이 증가하고, 근육의 비대(hypertrophy)를 통해 허벅지 둘레가 증가한 것으로 생각된다(Goldspink, 1999; Wilborn 등, 2009).

이러한 하체 강화 운동으로는 런지, 스쾃 등의 동작이 추천되며, 소도구의 종류에 따른 하지 근 활성도를 비교한 결과 탄력밴드를 활용한 저항운동이, 큰 부하를 이용하는 저항운동과 유사한 근 활성도를 나타내는 효과가 있으므로 짐스틱 또는 탄력밴드를 활용한 하체 강화 운동이 추천된다. 한 연구에 의하면 짐스틱을 활용한 하체의 탄성 운동이 바벨을 통한 저항운동과 유사하거나 더 효과적인 것으로 나타났다(Snijider 등, 2004).

당뇨병 환자를 대상으로 탄력밴드를 이용한 하체 근력운동을 실시하였을 때 혈당조절 능력이 개선되었다는 연구가 보고되었다. 노인 2형 당뇨병 환자를 대상으로 진행한 16주 동안의 밴드 저항운동이 혈당조절 인자에 미치는 영향에 관한 연구에서는 공복혈당과 당화혈색소의 개선 효과가 있는 것으로 나타났으며(Ooi 등, 2021), 비만 여성에게 밴드 저항운동을 실시한 결과 혈당과 인슐린 저항성이 감소하였다(Son & Park, 2021).

3. 인공지능(AI)을 활용한 개인맞춤형 운동프로그램

인공지능(Artificial Intelligence: AI)이란 개념은, 1956년 다트머스(Dartmouth) 학술회의에서 존 매카시(John McCarthy)가 최초 제안한 개념으로, 인간의 학습 및 추론 능력, 지각 능력, 자연어의 이해 능력 등을 컴퓨터 프로그램으로 실현한 기술을 말한다. “기계가 언어를 사용하고, 추상화와 개념을 형성하여, 현재 인간만이 푸는 문제를 해결하고, 자신을 개선하는 방법을 찾고자 하는 것이다.

인공지능의 발달과 함께 사회적으로도 변화가 나타나고 있다. 삶의 질을 추구하는 방향으로 인해 ‘치료에서 예방’, ‘보다 나은 건강 추구’ 등의 소비자 수요가 예상되며 질병 예방과 건강 유지 및 증진을 위해 개인맞춤형 운동과 영양 관리에 관한 관심이 매우 높은 실정이다(Yu & Kwon, 2016).

인공지능은 건강 상태 측정과 체력검사의 결과 등, 여러 정보 데이터를 확보한 뒤, 빅데이터 분석, 딥러닝, 기계학습, 등을 통해 분석한 후 진단 및 개인 맞춤 운동을 제공할 수 있다(Ha, 2020). 인공지능에 목적별/단계별 운동처방 프로그램을 구성하여 데이터베이스화를 해놓은

뒤, 사용자가 목적에 맞는 운동을 선택하여 수행하고자 할 경우, 먼저 문진 체크를 수행하여 자신의 신체 지수를 측정하면 시스템에서는 변환 알고리즘을 통하여 운동프로그램 내의 적합한 운동단계를 결정하여 제시해준다(Kang 등, 2019).

운동은 자기 능력에 비해 너무 쉬우면 충분한 효과를 얻을 수 없고 어려우면 오히려 위험이 따른다. 운동은 개인의 체력과 신체 상태를 정확히 평가하고, 그 결과에 따라 작성된 운동처방에 따라 실시해야 효과적으로 운동 목적을 달성할 수 있다(Roh & Jang, 2002; Sohn, 2002). 또한 같은 운동이라 하여 모든 사람에게 같은 결과를 주지 않는다. 운동의 효과를 극대화하기 위하여 각자의 체형 및 체력에 맞는 개인맞춤형 운동처방이 필요하다(Yang, 2008).

4. 가상현실(AR), 증강현실(VR)을 활용한 운동프로그램

1) 가상현실 시스템

가상현실 시스템은 시공간에 제약이 비교적 자유롭고 눈앞에서 현실과 유사한 상황을 체험할 수 있게 해주는 기술이다(Bruin 등, 2010). 최근에는 첨단 컴퓨터 기술들을 기반으로 가상현실을 활용한 재활치료의 활성화가 이뤄지고 있다(Miller & Reid, 2003). 가상현실을 활용한 치료들은 환자들의 흥미 유발에 어려움을 겪던 기존 재활치료들의 단점을 보완하여 환자들에게 단계적으로 다양한 동작을 요구하고 동기부여 및 성취감을 제공하여 최근에 사회적으로 많은 관심을 받고 있다(Kizony 등, 2005).

가상현실에서 상호작용 및 몰입은 현실과 같은 환경을 대상자에게 제공하기 위한 필수적인 요소로 활용된다(Wang & Reid, 2011). 몰입은 다양한 감각 시스템의 자극을 통해 뇌에서 실제로 행동하는 것과 같이 인식하게 하며, 상호작용을 위한 환경을 만든다(Sanchez-Vives & Slater, 2005). 상호작용은 대상자가 가상현실에서 행동하며 느끼게 되는 거리 감각 및 시각, 청각, 촉각, 후각에 대한 피드백을 수용하는 것이다(Kizony 등, 2005). 따라서 가상현실을 활용한 운동은 몰입도를 증가시키고 인체 여러 감각 기관들을 자극하여 다른 바이오피드백 운동보다 더욱 정확한 동작을 수행할 수 있게 도와줄 것으로 예상된다. 그러나 아직 이러한 가상현실 운동의 효과에 대한 이론적인 정립이 부족하므로 앞으로 보다 많은 연구가 필요하다.

2) KMR 장치

환자들이 운동을 진행하면서 발생하는 문제점들을 극복시켜줄 몇 가지 새로운 장치가 있다. 이러한 장치 중 하나는 Kinect 기반의 혼합 현실(Mixed Reality) 장치(KMR)이다. KMR은 터치스크린이 있는 본체, Kinect, 영상 투사 장치, 개인용 컴퓨터와 스피커로 구성되어 있다. 메인 터치스크린은 사용자의 모습과 여러 증강현실(AR) 환경(예: 반복 횟수, 다음 운동, 자세 교정, 운동시간 등)을 보여준다. 또한 비대면 방식으로 동작 감지 기술과 상호 작용할 수 있다. 영상 투사 장치에 의해 투사된 다른 화면은 바닥에 영상을 보여주고 움직임에 대한 가이드를 제공하여 시간, 반복 및 시각 효과를 표시한다. 이 장치는 운동을 제공하는데 인적 자원을 사용하지 않고 사용자의 움직임을 감지하여 사용자와 상호 작용할 수 있다는 이점이 있다.

KMR의 주요 부품은 마이크로소프트가 개발한 카메라 '키넥트(Kinect)'로 인체 25개 관절의 움직임을 실시간으로 추적하고 움직임을 인식하는 데 사용된다(Fig 1). Kinect를 통해 KMR은 사용자의 운동성과를 비대면 방식으로도 데이터로 변환할 수 있다. 일반적으로 소프트웨어와 함께 적용되며 게임, 운동 또는 평가로 사용되었다(Huber 등, 2015; Mateo 등, 2018; Otte 등, 2016; Park 등, 2020; Reither 등, 2018). 이 장치의 또 다른 주요 구성요소는 혼합 현실(MR) 환경으로서 MR은 가상현실(VR)과 증강현실(AR)의 합성어로, 가상 이미지를 추가하여 부가적인 정보를 제공함과 동시에 사용자와 증강 객체가 상호작용할 수 있는 환경을 조성한다(Bosché 등, 2016; Milgram 등, 1994). MR은 몰입감이 뛰어나고 흥미로운 요소로 인해 FF를 위한 다양한 교육 환경에서 사용되었다(Bosché 등, 2016). KMR에서 MR 환경은 사용자의 움직임에 대한 Kinect의 데이터를 바탕으로 메인 화면과 이미지 프로젝터를 통해 사용자에게 유익한 환경을 형성한다. 이전 연구들에서 피드백이 있는 운동은 피

Fig 1. 인체 주요 관절의 위치 인식 센서

드백 운동을 하지 않은 그룹보다 더 나은 결과를 보였다(Blanquero 등, 2020; Weakley 등, 2019).

Ⅲ. 결 론

대사질환자(당뇨병 전단계)는 관리하지 않으면 언제든지 당뇨병으로 넘어갈 수 있다. 당뇨병은 고혈압, 뇌졸중, 심장병과 같은 당뇨 합병증과 함께 건강 악화 및 삶의 질의 저하를 가져온다. 이러한 제2형 당뇨병의 영향을 고려할 때 당뇨병의 위험이 있는 사람에게 예방을 위한 노력이 무엇보다 중요하다(Lin 등, 2001).

Crandall 등(2008)은 제2형 당뇨병의 발생에 가장 중요한 생활 습관 요인은 비만이며, 이는 지나친 열량 섭취 및 신체활동의 감소와 밀접하게 관련되어 있다고 하였고, 신체활동의 결핍(physical inactivity)이 제2 당뇨병 및 대사증후군의 주요 위험인자라는 사실은 여러 선행연구에서 반복적으로 증명되었다(Hu 등, 2003; Laaksonen 등, 2002). 이러한 선행연구들을 볼 때, 식이요법 및 운동요법을 통해 체중을 조절하는 것은 당 조절에 효과적인 중재 방법이며, 대사질환자(당뇨병 전단계)들의 중요한 전략이 될 수 있다고 본다(Walker 등, 2010).

우리나라에 생길 해양치유센터에 들어갈 대사질환자(당뇨병 전단계)를 위한 해양치유 프로그램 운영방안으로 첫 번째는 해양자원을 활용한 운동프로그램 제공이다. 해양자원에는 위에서 언급한 해조류와 심층수뿐만 아니라 많은 자원이 존재한다. 해양자원을 활용하여 운동프로그램과 시너지효과를 낼 수 있는 해양치유 프로그램 개발하여 혈당 관리에 도움이 되는 서비스를 제공할 수 있을 것이다.

다음은 원리에 근거한 운동프로그램 제작이다. 혈당조절, 체중조절, 신경가소성 향상, 관절염 예방 및 혈액순환과 같은 5가지 원리가 고려된 운동프로그램을 개발하여 혈당 관리에서 최적화된 운동 콘텐츠 제공으로 개인의 건강 및 혈당 관리가 더욱 효과적으로 될 수 있도록 할 수 있을 것이다.

인공지능을 활용한 개인맞춤형 운동프로그램 제공이다. 기존에 존재하던 운동프로그램을 획일적으로 제공하는 것이 아닌 인공지능 분석을 통한 개인의 신체적 정보 및 운동능력 정보를 통해 적합한 운동프로그램을 받아 대상자에게 최적의 효과를 낼 수 있는 운동프로그램이 제공될 수 있을 것이다.

마지막으로 가상현실 운동플랫폼의 활용이다. 앞서 말한 개인맞춤형 운동프로그램이 개발되어도 기존의 운동이 가지고 있는 시간적 · 공간적 제약 때문에 단발성 프로그램으로 끝날 수 있다. 그러나 COVID-19로 인한 시대의 흐름에 따라 비대면이 많이 강조되었고, 그에 따라 발전된 여러 가상현실 운동플랫폼에 운동프로그램이 탑

재되어 해양치유센터에서 제공되는 운동프로그램이 일회성으로 끝나는 것이 아닌 언제 어디서든 할 수 있는, 그리고 지속할 수 있는 운동처방이 가능해질 것으로 본다.

국내에 해양치유센터 건립과 함께 해양자원 및 해양 플랫폼 등 많은 연구가 진행되고 있다. 우리나라는 바다의 전체 면적은 대단히 넓은 편은 아니지만, 계절에 따라 변하는 환경으로 인해 다양한 해양생물들이 살고 있으며, 동해의 깊은 수심은 해양심층수를, 서해의 갯벌은 머드와 소금을 제공하며 생물뿐만 아니라 기후, 광물 등 다양한 해양자원이 존재한다. 이런 다양한 자원과 AI, AR, VR 등 다양한 각종 첨단 기술들을 활용하여 대사질환자(당뇨병 전단계)들을 위한 해양치유 프로그램의 개발을 통해 해양치유센터에 다양한 서비스가 제공되기를 기대한다.

참고문헌

Anderson JW, Kendall CW, Jenkins DJ(2003). Importance of weight management in type 2 diabetes: review with meta-analysis of clinical studies. J Am Coll Nutr, 22(5), 331-339. https://doi.org/10.1080/07315724.2003.10719316.

Bin MJ(2009). Effects of circulation exercise on female body composition. Graduate school of Hanshin University, Republic of Korea, Master's thesis.

Blanquero J, Cortés-Vega MD, Rodríguez-Sánchez-Laulhé P, et al(2020). Feedback-guided exercises performed on a tablet touchscreen improve return to work, function, strength and healthcare usage more than an exercise program prescribed on paper for people with wrist, hand or finger injuries: a randomised trial. J Physiother, 66(4), 236-242. https://doi.org/10.1016/j.jphys.2020.09.012.

Bosché F, Abdel-Wahab M, Carozza L(2016). Towards a mixed reality system for construction trade training. J Comput Civil Engineer, 30(2), Printed Online. https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000479.

Boyum A, Wiik P, Gustavsson E, et al(1996). The effect of strenuous exercise, calorie deficiency and sleep deprivation on white blood cells, plasma immunoglobulins and cytokines. Scand J Immunol, 43(2), 228-235. https://doi.org/10.1046/j.1365-3083.1996.d01-32.x.

Bruin ED, Schoene D, Pichierri G, et al(2010). Use of virtual reality technique for the training of motor control in the elderly. Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie, 4(43), 229-234. https://doi.org/10.1007/s00391-010-0124-7.

Cano-De La Cuerda R, Aguila-Maturana AM, Miangolarra-Page JC(2009). Effectiveness of physical exercise programs in patients with diabetes mellitus. Medicina Clinica, 132(5), 188-194. https://doi.org/10.1016/j.medcli.2008.06.014.

Care D(2022). Care in Diabetes—2022. Diabetes Care, 45, S17. https://doi.org/10.2337/dc22-S002.

Cha SS(2008). A study on the nutritional status, the diet therapy knowledge and the diet compliance of diabetes of Chungbuk in Korea. Graduate school of Ewha Woman University, Republic of Korea, Master's thesis.

Chan CL, Ngai EK, Leung PK, et al(2010). Effect of the adapted virtual reality cognitive training program among Chinese older adults with chronic schizophrenia: a pilot study. Int J Geriatr Psychiatry, 25(6), 643-649. https://doi.org/10.1002/gps.2403.

Cho H, Sohng KY(2014). The effect of a virtual reality exercise program on physical fitness, body composition, and fatigue in hemodialysis patients. J Phys Ther Sci, 26(10), 1661-1665. https://doi.org/10.1589/jpts.26.1661.

Choi SJ(2006). Role of advanced glycation end product in diabetes-osteoarthritis animal model. Graduate school of Korea University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.

Crandall JP, Knowler WC, Kahn SE, et al(2008). The prevention of type 2 diabetes. Nat Clin Pract Endocrinol Metab, 4(7), 382-393. https://doi.org/10.1038/ncpendmet0843.

Da Gama A, Chaves T, Figueiredo L, et al(2012). Guidance and movement correction based on therapeutics movements for motor rehabilitation support systems. In 2012 14th Symposium on Virtual and Augmented Reality, 191-200. https://doi.org/10.1109/SVR.2012.15.

DeGroot J, Verzijl N, Wenting-Van Wijk MJ, et al(2004). Accumulation of advanced glycation end products as a molecular mechanism for aging as a risk factor in osteoarthritis. Arthritis Rheum, 50(4), 1207-1215. https://doi.org/10.1002/art.20170.

Dwipajati D, Indarto D, Dirgahayu P(2017). A new diabetic management using standardized diet and post meal plyometric exercise. In 2nd Public Health International Conference (PHICo 2017), 102-106. https://doi.org/10.2991/phico-17.2018.21.

Goldspink G(1999). Changes in muscle mass and phenotype and the expression of autocrine and systemic growth factors by muscle in response to stretch and overload. J Anat, 194(3), 323-334. https://doi.org/10.1046/j.1469-7580.1999.19430323.x.

Gulve EA(2008). Exercise and glycemic control in diabetes: benefits, challenges, and adjustments to pharmacotherapy. Phys Ther, 88(11), 1297-1321.

Ha MS, Son WM(2018). Combined exercise is a modality for improving insulin resistance and aging-related hormone biomarkers in elderly Korean women. Exp Gerontol, 114, 13-18. https://doi.org/10.2522/ptj.20080114.

Ha TY(2020). A study on smart healthcare through artificial intelligence-based posture estimation. Graduate school of Hansung University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.

Haung HL, Wang BG(2004). Antioxidant capacity and lipophilic content of seaweeds collected from the Qungdao coastline. J Agric Food Chem, 52, 4993-4997. https://doi.org/10.1021/jf049575w.

Hong JW(2019). A plan to introduce marine recreation and welfare services through fostering the marine healing industry. Busan, Korea Marine Fisheries Development Institute. 2018-27, 96-99.

Hu FB, Li TY, Colditz GA, et al(2003). Television watching and other sedentary behaviors in relation to risk of obesity and type 2 diabetes mellitus in women. JAMA, 289(14), 1785-1791. https://doi.org/10.1001/jama.289.14.1785.

Huber ME, Seitz AL, Leeser M, et al(2015). Validity and reliability of kinect skeleton for measuring shoulder joint angles: a feasibility study. Physiother, 101(4), 389-393. https://doi.org/10.1016/j.physio.2015.02.002.

Hwang HS, Kim HA, Lee SH, et al(2009). Anti-obesity and antidiabetic effects of deep sea water on ob/ob mice. Mar Biotechnol, 11(4), 531-539. https://doi.org/10.1007/s10126-008-9171-0.

Inaba H, Katsmuata T, Yasud K(2001). Temporal variation of current and temperature at 300 min suruga bay. JADOWA Deep Ocean Water Reserch, 2(1), 1-8. https://doi.org/10.11174/dowas2000.2.1._1.

Jeon YG, Lim JA, Kim SH, et al(2009). A study on the effect of high school physical fitness on chronic disease risk factors in adults aged 40-45 years. Health Promotion Project Support Group Report.

Jung GJ(2012). The study on the relationship between thigh circumference and prevalence of diabetes. Graduate school of Yonsei University, Republic of Korea, Master's thesis.

Kang DG, Park SH, Moon HJ, Choi J, Jeong JJ(2019). An implementation of health management system based on IoT&AI for self-fitness. 2019 Information Control Symposium, 282-284.

Kim BK, Choi KH(2014). Effect of 12 weeks circuit weight training on body composition and health-related physical fitness in the adult with obesity. J Korea Entertain Industr Assoc, 8(2), 75-82. https://doi.org/10.21184/jkeia.2014.06.8.2.75.

Kim CG, Choi JH, Kim EJ(2019). A Study on the efficacy and utilization of marine healing resources. In the Spring Conference of the Korean Oceanographic Society, 1-10.

Kim DM, Kang SH(2021). Effects of regulatory resistance

exercise on brain neuroplasticity factors in prediabetic elderly. Exerc Sci, 30(1), 88-95. https://doi.org/10.15857/ksep.2021.30.1.88.

Kim MG, Park JH(2012). Metabolic syndrome. J Korean Med Assoc, 55(10), 1005-1013. https://doi.org/10.5124/jkma.2012.55.10.1005.

Kim SS(2019). Ocean healing of new resources for the aging-friendly industry: Focusing on elderly women and metabolic syndrome. Korea Aging Friend Industr Assoc, 11(2), 45-53.

Kim Y, Lee S(2018). Review of the correlation between thigh circumference and risk factors of type 2 diabetes and cardiovascular disease, the exercise intervention method for increasing the thigh circumference. Exerc Sci, 27(2), 118-125. https://doi.org/10.15857/ksep.2018.27.2.118.

Kizony R, Raz L, Katz N, et al(2005). Video-capture virtual reality system for patients with paraplegic spinal cord injury. J Rehabil Res Dev, 42(5), 595-608. https://doi.org/10.1682/JRRD.2005.01.0023.

Kraniou GN, Cameron-Smith D, Hargreaves M(2006). Acute exercise and GLUT4 expression in human skeletal muscle: influence of exercise intensity. J Appl Physiol, 101(3), 934-937. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01489.2005.

Kwak CS, Kim SA, Lee MS(2005). Relationship between antioxidant effect and total polyphenol content of five species of seaweeds in Korea. J Food Nutr Sci, 34(8), 1143-1150. https://doi.org/10.3746/jkfn.2005.34.8.1143.

Laaksonen DE, Lakka HM, Salonen JT, et al(2002). Low levels of leisure-time physical activity and cardiorespiratory fitness predict development of the metabolic syndrome. Diabetes Care, 25(9), 1612-1618. https://doi.org/10.2337/diacare.25.9.1612.

Larrosa M, Gonz ález-Sarr ías A, Yáñez-Gasc ón MJ, et al(2010). Anti-inflammatory properties of a pomegranate extract and its metabolite urolithin-A in a colitis rat model and the effect of colon inflammation on phenolic metabolism. J Nutr Biochem, 21, 717-725. https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2009.04.012.

Lee HS, Choi MS, Lee YK, et al(1996). A study for wigs of dietary fiber supplements for diabetics (Ⅰ). J Korean Nutr Soc, 29(286), 286-295.

Lee KJ(2007). Effect of water metabolism the deep sea water of ingestion during prolonged exercise. Graduate school of Dankook National University, Republic of Korea, Master's thesis.

Lewis GN, Woods C, Rosie JA(2011). Virtual reality games for rehabilitation of people with stroke: perspectives from the users. Disabil Rehabil Assist Technol, 6(5), 453-463. https://doi.org/10.3109/17483107.2011.574310.

Lin T, Chou P, Lai MS, et al(2001). Direct costs-of-illness of patients with diabetes mellitus in Taiwan. Diabetes Res Clin Pract, 54, 43-46. https://doi.org/10.1016/S0168-8227(01)00308-4.

Luchsinger JA, Tang MX, Shea S, et al(2004). Hyperinsulinemia and risk of Alzheimer disease. Neurology, 63(7), 1187-1192. https://doi.org/10.1212/01.WNL.0000140292.04932.87.

Mateo F, Soria-Olivas E, Carrasco JJ, et al(2018). HemoKinect: a microsoft kinect V2 based exergaming software to supervise physical exercise of patients with hemophilia. Sensors, 18(8), Printed Online. https://doi.org/10.3390/s18082439.

Michael IC, Kingsley D, Cunningham LM, et al(2009). Role of creatine supplementation on exercise-induced cardiovascular function and oxidative stress. Oxid Med Cell Longev, 2(4), 247–254.

Milgram P, Takemura H, Utsumi A, et al(1994). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In Telemanipulator and telepresence technologies. Spie, 1995. p. 282-292. https://doi.org/10.1117/12.197321

Miller S, Reid D(2003). Doing play: competency, control, and expression. Cyber Psychol Behav, 6(6), 623-632. https://doi.org/10.1089/109493103322725397.

Min KW, An KH, Sohn TS, et al(2005). The study of physical activity in the Korean with type 2 diabetes.

Korean Diabetes J, 29(6), 517-525.

Moraes MR, Cavalcante ML, Leite JA, et al(2011). The characteristics of the mechanoreceptors of the hip with arthrosis. J Orthop Surg Res, 6(1), 1-5. https://doi.org/10.1186/1749-799X-6-58.

Murase T, Haramizu S, Shimotoyodome A, et al(2006). Green tea extract improves running endurance in mice by stimulating lipid utilization during exercise. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol, 290(6), 1550-1561. https://doi.org/10.1152/ajpregu.00752.2005.

Nakagawa K, Yokoyama Y, Nakajima H, et al(2000). Application of minerals in deep sea water. Deep Ocean Water Res, 1(1), 1-4. https://doi.org/10.11174/dowas2000.1.1._1.

Ooi TC, Mat Ludin AF, Loke SC, et al(2021). A 16-week home-based progressive resistance tube training among older adults with type-2 diabetes mellitus: Effect on glycemic control. Gerontol Geriatr Med, 7, Printed Online. https://doi.org/10.1177/23337214211038789.

Ott A, Stolk RP, van Harskamp F, et al(1999). Diabetes mellitus and the risk of dementia: The Rotterdam Study. Neurology, 53(9), 1937-1937. https://doi.org/10.1212/WNL.53.9.1937.

Otte K, Kayser B, Mansow-Model S, et al(2016). Accuracy and reliability of the kinect version 2 for clinical measurement of motor function. PloS one, 11(11), Printed Online. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166532.

Park HJ(2011). A study on the functionality of fermented oil with added ocean deep water treated with reverse osmosis and nanofiltration. Graduate school of Kangwon National University, Republic of Korea, Master's thesis.

Park JW(2005). Effect of weight loss on chronic inflammatory factors and insulin resistance in patients with type 2 diabetes. Graduate school of Ajou University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.

Park SH(2015). Effects of passive static stretching on blood glucose levels in patients with type 2 diabetes mellitus. J Phys Ther Sci, 27(5), 1463-1465. https://doi.org/10.1589/jpts.27.1463.

Park W, Kim J, Lee J(2020). A study on the design and effect of feedback for virtual reality exercise posture training. J Korea Computer Graphics Soc, 26(3), 79-86. https://doi.org/10.15701/kcgs.2020.26.3.79.

Ploughman M(2008). Exercise is brain food: the effects of physical activity on cognitive function. Dev Neurorehabil, 11(3), 236-240. https://doi.org/10.1080/17518420801997007.

Plowman SA, Smith DL(2014). Exercise physiology for health fitness and performance. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins.

Reither LR, Foreman MH, Migotsky N, et al(2018). Upper extremity movement reliability and validity of the Kinect version 2. Disabil Rehabil Assist Technol, 13(1), 54-59. https://doi.org/10.1080/17483107.2016.1278473.

Roberts CK, Hevener AL, Barnard RJ(2013). Metabolic syndrome and insulin resistance: underlying causes and modification by exercise training. Compr Physiol, 3(1), 1-58. https://doi.org/10.1002/cphy.c110062.

Roh JJ, Jang EJ(2002). Evaluation of effectiveness for a weight control software program based on personal computer. Dongduk J Life Sci Stud, 7, 85-93.

Ruperez P, Ahrazem O, Leal JA(2002). Potential antioxidant capacity of sulfated polysaccharides from the edible marine brown seaweed Fucus vesicubsus. J Agric Food Chern, 50(4), 840-845. https://doi.org/10.1021/jf010908o.

Ryu OS(2018). A study on the effect of deep ocean water on joint operating range and maximum muscle strength. Graduate school of Catholic Kwandong University, Republic of Korea, Master's thesis.

Sanchez-Vives MV, Slater M(2005). From presence to consciousness through virtual reality. Nat Rev Neurosci, 6(4), 332-339. https://doi.org/10.1038/nrn1651.

Seo TS, Lee IS, Byun JC, et al(2003). Clinical test of lipolysis effect through localization and exercise parallelization of seaweed extracts for all women. Korea Sports Res, 14(3), 605-614.

Shin SJ, Jo SJ(2021). Effects of motivation for middle-aged

people to participate in marine healing programs on psychological well-being - Mediating effects of family cohesion. J Korean Soc Industr Technol, 22(12), 682-690. https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.12.6.

Singh K, Arora L, Arora R(2016). Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) in improving sensorimotor function in patients with diabetic neuropathy affecting lower limbs. Int J Physiother, 3(3), 332-336.

Snijider MB, Dekker JM, Visser M, et al(2004). Trunk fat and leg fat have independent and opposite associations with fasting and postload glucose levels: the Hoorn study. Diabetes Care, 27(2), 372-377. https://doi.org/10.2337/diacare.27.2.372.

Snijider MB, Visser M, Dekker JM, et al(2005). Low subcutaneous thigh fat is a risk factor for unfavourable glucose and lipid levels, independently of high abdominal fat. The Health ABC Study. Diabetologia, 48(2), 301-308. https://doi.org/10.1007/s00125-004-1637-7.

Sohn RS(2002). Development of expert system for exercise prescription for hypertension management. Graduate school of Dankook University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.

Son WM, Park JJ(2021). Resistance band exercise training prevents the progression of metabolic syndrome in obese postmenopausal women. J Sports Sci Med, 20(2), 291. https://doi.org/10.52082/jssm.2021.291.

Sung YC(2021). A study on the perception of domestic stakeholders and characteristics of foreign demand for marine healing tourism. Graduate school of Baejae University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.

Takahashi M(2001). It knows and the deep sea water. Sci Technol, 23, 35-37.

Terry RB, Stefanick ML, Haskell WL, et al(1991). Contributions of regional adipose tissue depots to plasma lipoprotein concentrations in overweight men and women: possible protective effects of thigh fat. Metabolism, 40(7), 733-740. https://doi.org/10.1016/0026-0495(91)90093-C.

Thomas VS, Darvesh S, MacKnight C, et al(2001). Estimating the prevalence of dementia in elderly people: a comparison of the Canadian Study of Health and Aging and National Population Health Survey approaches. Int Psychogeriatr, 13(S1), 169-175. https://doi.org/10.1017/S1041610202008116.

Vinson JA, Liang X, Proch J, et al(2002). Polyphenol antioxidants in citrus juices: invitro and in vivo studies relevant to heart disease. Adv Exp Med Biol, 505, 113-122. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-5235-9_10.

Walker KZ, O'Dea K, Gomez M, et al(2010). Diet and exercise in the prevention of diabetes. J Hum Nutr Diet, 23(4), 344-352. https://doi.org/10.1111/j.1365-277X.2010.01061.x.

Wang M, Reid D(2011). Virtual reality in pediatric neurorehabilitation: attention deficit hyperactivity disorder, autism and cerebral palsy. Neuroepidemiology, 36(1), 2-18. https://doi.org/10.1159/000320847.

Weakley JJ, Wilson KM, Till K, et al(2019). Visual feedback attenuates mean concentric barbell velocity loss and improves motivation, competitiveness, and perceived workload in male adolescent athletes. J Strength Cond Res, 33(9), 2420-2425. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002133.

Wilborn CD, Taylor LW, Greenwood M, et al(2009). Effects of different intensities of resistance exercise on regulators of myogenesis. J Strength Cond Res, 23(8), 2179-2187. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181bab493.

Yang HC(2015). Ocean resources change the direction of national growth. Sci Technol Policy, 25(5), 24-29.

Yang HS, Kim HJ, Lee HG(2021). Effects of a single session of brain yoga on brain-derived neurotrophic factor and cognitive short-term memory in men aged 20-29 years. J Korean Soc Integr Med, 9(4), 91-103. https://doi.org/10.15268/ksim.2021.9.4.091.

Yang NY(2008). Design and implementation of a personalized exercise prescription system. Graduate school of KyungHee University, Republic of Korea, Master's thesis.

Yoon JH, Oh JK(2013). Effect of seaweed extracts administration on aerobic capacity, exercise fatigue and concentration in elite athletes. Korea J Sport, 11(2), 287-297.

Yu CH, Kwon TK(2016). Healthcare excise device. Paperbook of the Korean Soc Rehabil Welfare Engineer, pp.167-167.

Yun H, Jeong EH(2010). An influence of aerobic exercise for obese students with mental retardation on their body composition, anthropometry, cardiopulmonary endurance and training avoidance. J Intellect Disabil, 12, 173-193.

Zhen YF, Zhang J, Liu XY, et al(2013). Low BDNF is associated with cognitive deficits in patients with type 2 diabetes. Psychopharmacology, 227(1), 93-100. https://doi.org/10.1007/s00213-012-2942-3.

Korean Diabetes Association(2022). Diabetes Fact Sheet in Korea 2022. https://www.diabetes.or.kr/bbs/?code=fact_sheet&mode=view&number=2390&page=1&code=fact_sheet/ Accessed September 17, 2022.

Ministry of Oceans and Fisheries. Press Releases, 2021. https://www.mof.go.kr/article/view.do?articleKey=38294&boardKey=10&menuKey=971&currentPageNo=1./ Accessed September 17, 2022.