

발기 부전에서 유산소성 운동의 역할: 무작위 통제 연구의 고찰

김광래 PhD

한양여자대학교 스포츠건강관리과

The Role of Aerobic Exercise in Erectile Dysfunction: A Review of Randomized Controlled Trials

Kwang Lae Kim PhD

Department of Sports Health Management, Hanyang Women's University, Seoul, Korea

PURPOSE: This study aimed to determine the role or applicability of aerobic exercise in erectile dysfunction.

METHODS: This narrative review was conducted by searching terms such as 'impotence,' 'erectile dysfunction,' 'erection dysfunction,' 'sexual dysfunction,' 'aerobic exercise,' 'aerobic training,' 'cardiovascular exercise,' 'cardiovascular training,' 'human,' 'randomized controlled trials,' and 'randomized clinical trials' in the titles or abstracts in PubMed, Google Scholar, Scopus, Wiley Online Library, and Science Direct databases.

RESULTS: Nine articles met the inclusion criteria. Aerobic exercise of light (low)-vigorous (high) intensity was found to be effective in erectile dysfunction in seven articles.

CONCLUSIONS: In case of mild-moderate erectile dysfunction accompanied by high blood pressure, obesity, physical inactivity, metabolic syndrome, acute myocardial infarction, and ischemic heart disease, it is suggested that following an aerobic exercise program has potential advantages. Further clinical research is required to compare nonlinear aerobic exercise with linear aerobic exercise in the population with erectile dysfunction.

Key words: Erectile dysfunction, Aerobic exercise, Randomized controlled trials

서론

발기 부전(Erectile Dysfunction, ED)은 만족스러운 성관계를 위한 발기를 지속적으로 성취할 수 없는 상태 혹은 유지할 수 없는 상태로 정의할 수 있으며[1], 정상적인 발기 능력의 상실은 남성들의 전반적인 영역에서 부정적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 삶의 질 저하를 가져오는 원인으로 작용하게 된다[2]. 이러한 발기 부전은 그 원인에 따라 크게 심인성 발기 부전과 기질성 발기 부전으로 분류되는데 심인성 발기 부전의 원인은 성교에 대한 불안, 우울증 등이 원인이며 기질성 발기 부전은 다시 신경성, 내분비성, 혈관성, 약물성으로 세분할 수 있다[3]. 신

경성 발기 부전은 척수 손상, 다발성 경화증, 근치적 전립선 절제술과 같은 신경 손상에 의한 것이며, 혈관성 발기 부전은 고혈압, 비만, 고지혈증과 같은 심혈관계 질환 위험인자들 그리고 내분비성 발기부전은 당뇨병, 고 프로락틴 혈증, 갑상선 기능 저하증 등이 원인으로 보고되고 있으며 또한 약물성 발기 부전은 항 우울제, 혈압강하제, 항 남성호르몬제 등이 원인으로 보고되고 있다[4,5].

이러한 원인들 이외에 또 다른 원인들이 발기 부전을 가져올 수 있다고 제시되고 있는데 53-90세 사이의 남성 31,742명을 대상으로 하여 연구를 진행한 결과 흡연, 음주, 체중, 신체적 비활동 등이 발기 부전을 가져오는 원인이며 이 원인들 중 음주, 흡연 보다 신체적 비활동이 더

Corresponding author: Kwang Lae Kim **Tel** +82-2-2290-2435 **Fax** +82-2-2290-2439 **E-mail** lailai66@hywoman.ac.kr

Keywords 발기 부전, 유산소성 운동, 무작위 통제 연구

Received 26 Mar 2021 **Revised** 14 May 2021 **Accepted** 16 May 2021

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

높은 관련성이 있는 것으로 보고 하였으며[6], 40-70세, 600명의 남성들을 대상으로 연구를 진행한 결과 발기 부전에서 흡연, 알코올 섭취, 비만 등의 교정보다는 주당 200 kcal 이상 소모하는 혹은 2마일 이상을 걷는 신체 활동을 수행하는 것이 발기 부전의 위험을 낮출 수 있다고 보고 하였다[7]. 또한 18-40세 사이의 건강한 남성을 대상으로 하여 일주일에 1,400 kcal 이하를 소모하는 신체 활동을 수행한 집단과 일주일에 1,400 kcal 이상을 소모하는 신체 활동을 수행한 집단에서 발기 능력의 차이를 분석한 결과 일주일에 1,400 kcal 이상을 소모하는 신체 활동을 수행한 집단의 발기 능력이 유의하게 높은 것으로 보고하여[8] 위에 제시된 원인들 이외에 흡연, 음주, 신체적 비활동이 또 다른 원인들로 제시되고 있다.

위에 제시된 바와 같이 다양한 원인들에 의하여 발기 부전은 발생될 수 있으며, 발기 부전의 처치 방법으로는 신체 활동, 음주, 흡연 등과 같은 생활 방식의 교정을 단독적으로 시행하거나 혹은 생활 방식 교정과 PDE5 억제제와 같은 발기 부전 약물 처치를 병행하는 것이 1차 치료 방법이며, 2차 치료로는 음경해면체내 자가 주사요법, 3차 치료로는 음경보형물 삽입술과 같은 수술 요법들을 적용하는 것이 치료 지침으로 보고 되고 있다[3,5,9]. 기질성 발기 부전의 많은 부분을 차지하고 있는 혈관성 발기 부전은 음경으로 전달되는 동맥 혈류의 감소가 주된 원인이며[3,10]. 이들의 대다수는 음주, 흡연, 신체적 비활동 같은 생활습관 요인과 고혈압, 고지혈증, 당뇨병, 비만과 같은 심혈관계 질환의 위험인자들이 관련된 것으로 보고 되고 있고[11-13], 또한 이러한 위험 인자들을 가진 사람들 혹은 위험 인자들의 수가 많은 사람들에게 발기 부전 발생률은 더욱 증가하는 것으로 보고되고 있다[14,15].

선행연구들이 제시한 바와 같이 신체 활동은 음주, 흡연보다 발기 부전과의 높은 관련성을 보이고 있고 또한 심혈관계 위험 인자들에 긍정적인 효과가 존재하기 때문에 발기 부전 치료를 위해 1차적으로 시행할 수 있는 생활 방식 교정 요인들 중 중요한 부분으로 작용하며 또한 남성의 발기는 음경 동맥의 혈류량 유입 증가로 발생되고 그로 인해 발기 부전은 혈액 순환 기능 저하의 시작을 의미하기 때문에 발기 부전에 노출되는 기간이 길면 길어질수록 심혈관계 질환의 발생률이 증가하는 것으로 보고 하고 있다[16]. 따라서 이러한 기전에 근거하여 유산소성 운동의 중요성을 인식하게 되었으며 유산소성 운동 수행을 수행하지 않는 것은 혈액 순환 저하에 따른 음경 동맥으로의 혈액 공급 감소 결과를 초래하게 되고 그에 따라 발기 부전 발생 확률이 높아지게 되며, 그와 반대로 유산소성 운동을 수행하는 것은 발기 능력을 향상시키고 그에 따라 발기 부전 발생률을 잠재적으로 감소시킬 수 있다고 제시하여[17-19], 발기 부전의 치료를 위한 유산소성 운동의 잠재적 이점을 제시하였다.

이와 같이 발기 부전에서 유산소성 운동의 효과 또는 이점이 존재하는 것으로 제시하였지만 과거부터 현재까지 어떠한 위험 인자 혹은

질환들로 인하여 발생된 발기 부전 환자를 대상으로 어떠한 유산소성 운동 프로그램을 적용시켰는지, 유산소성 운동 프로그램과 병행 처치한 다른 운동 프로그램은 무엇이 있는지, 유산소성 운동 이외에 병행 처치한 방법들은 무엇이 있는지, 유산소성 운동이 발기 능력에 유의한 효과가 존재하는지에 대한 의문점을 가지고 기존에 발표된 논문들 중 의학 연구 방법에서 신뢰성이 높은 연구 설계 방법인 무작위 통제 연구로 진행된 논문들만을 대상으로 문헌 분석을 시도하고자 하며 이는 발기 부전에 있어서 유산소성 운동의 적용 가능성을 객관적으로 제시하는 데 도움을 줄 수 있을 것이라고 사료된다. 따라서 본 연구의 목적은 발기 부전에 있어서 유산소성 운동 프로그램의 역할을 문헌 분석을 통하여 제시함으로써 발기 부전의 예방과 개선에 대한 유산소성 운동의 적용 가능성과 차후 연구 방향에 대한 기초 자료를 제공하는 데 있다.

연구 방법

본 연구를 위한 문헌 검색 방법으로는 국외 전자 정보서비스인 PubMed, Google Scholar, Scopus, Wiley Online Library, Science Direct 등을 통해 문헌들을 검색하였다. 출판 시작 년도는 제한을 두지 않았으며 2020년 12월 31일까지 출판된 연구로 기간을 정하였으며, 영어 검색어로는 ‘impotence’ or ‘erectile dysfunction’ or ‘erection dysfunction’ or ‘sexual dysfunction’ and ‘aerobic exercise’ or ‘aerobic training’ or ‘cardiovascular exercise’ or ‘cardiovascular training’, Filters; human, randomized controlled trials, randomized clinical trials로 검색하였다. 문헌 분석을 위한 선정 기준으로는 영어로 출판된 논문, randomized controlled trials 혹은 randomized clinical trials, 유형, 강도, 시간, 빈도, 기간이 제시된 유산소성 운동 혹은 심혈관계 운동, 효과 검증에 위한 측정 도구로 international index of erectile dysfunction (IIEF), 혹은 international index of erectile dysfunction-5 item (IIEF-5)의 적용으로 한정 지었다.

결과 및 논의

발기 부전에 있어서 유산소성 운동의 역할 혹은 효과를 살펴보기 위하여 선별 기준에 따라 선정한 논문들을 문헌 분석을 실시한 후 발기 부전 위험 인자별, 질환별로 결과와 논의를 제시하고자 한다.

고혈압

고혈압은 발기 부전의 위험인자 중의 하나이며 고혈압 남성들 중 30-50%가 발기 부전으로 진단되는 것으로 보고되고 있다[20]. Table 1에 의하면 본 연구의 선별 기준에 해당되는 연구들 중 고혈압으로 인

Table 1. Characteristics of included studies

Study	Population group	Number Randomize (n)	Age (mean ± SD)	Intervention Group (I)	Control group (C)
Lamina et al. [21]	HTN	I (22), C (21)	I (62.10 ± 5.23), C (64.00 ± 4.77)	Supervised aerobic exercise + methyl dopa	Sedentary and advised not to undertake any vigorous physical activity + methyl dopa
Esposito et al. [26]	Obesity	I (104), C (105)	I (45.3 ± 6.9), C (45.7 ± 6.9)	Individual guidance aerobic exercise + supervised circuit resistance training + advice how to reduce body weight + improve quality of diet	General guidance on increasing level of physical activity + healthy food
Maio et al. [27]	PAI	I (30), C (30)	I (50.14 ± 6.28), C (50.32 ± 6.95)	Unsupervised & advised to maintain regular aerobic, non-agonistic physical activity + PDE5i	Received PDE5i alone
Kalka et al. [44]	IHD	I (103), C (35)	I (62.07 ± 8.63), C (61.43 ± 8.81)	Supervised aerobic exercise + general fitness exercise + resistance training + drug therapy for IHD	Received general health information + drug therapy for IHD
Khoo et al. [28]	Obesity	I (36), C (39)	I (43.9 ± 9.3), C (41.7 ± 6.4)	Supervised aerobic exercise + diet	Instructed aerobic exercise + diet
Maresca et al. [37]	Mets	I (10), C (10)	I (69.0 ± 2.8), C (68.0 ± 3.6)	Supervised aerobic exercise + tadalafil	Received about usefulness of exercise + tadalafil
Jones et al. [41]	PC	I (25), C (25)	I (58.0 ± 8.0), C (61.0 ± 5.0)	Supervised aerobic exercise	Instructed maintain usual exercise levels
Begot et al. [45]	MI	I (41), C (45)	I (59.0 ± 10.0), C (57.0 ± 9.0)	Unsupervised aerobic exercise + drug therapy for MI	Received usual care + drug therapy for MI
Palm et al. [46]	IHD, ICD	I (75), C (79)	I (62.3 ± 9.2), C (60.9 ± 9.1)	Supervised + Unsupervised cardiovascular training + strength training + Unsupervised PFE + psychoeducational consultations + drug therapy for IHD	usual care + drug therapy for IHD

I, intervention group; C, control group; ED, erectile dysfunction; HTN, hypertension; IHD, ischaemic heart disease; Mets, metabolic syndrome; PAI, physically inactive; PC, prostate cancer; MI, myocardial infarction; ICD, implantable cardioverter defibrillator; PFE, pelvic floor exercise.

한 발기 부전 대상자로 연구를 진행한 것은 1편인 것으로 나타났으며 [21] 1년 이상 만성적으로 수축기 혈압 140-180 mmHg, 이완기 혈압 90-109 mmHg 사이에 해당되는 357명의 본태성 고혈압 환자들 중에서 비뇨기과에서 발기부전으로 의뢰받은 43명을 대상으로 연구를 진행하였다. 중재 집단은 유산소성 운동과 항 고혈압제 중에 하나인 methyl dopa를 병행 처치하였고, 통제 집단은 활력적인 신체 활동에 참여하지 않도록 권고하고 methyl dopa만을 처치하였다. Table 2에 의하면 유산소성 운동의 유형은 자전거를 이용하였으며 여유심박수법(heart rate reserve, HRR)방법을 적용하여 60-79%의 저강도 유산소성 운동을 처치하였고, HRR의 최대심박수를 220-자기나이 방법을 적용하였다.

그러나 220-자기나이를 적용하여 최대심박수를 도출한 후 HRR 방법을 적용하였는지 아니면 HRmax 방법을 적용하였는지는 명확히 제시하지 않고 있다. 또한 운동강도를 저강도로 표현을 했지만 Park et al. [22]과 Garber et al. [23]이 제시한 자료를 바탕으로 해서 분석해 보면 HRR의 경우 60-79%의 범위는 고강도 범주에 들어가며 HRmax의 경우 60-79%의 범위는 저강도-고강도 범주에 포함이 되는데 고혈압 환자를 위한 운동 권고 사항으로 HRR의 40-59% 수준의 중강도, 운동 시간은 30-60분, 운동 빈도는 주당 3-5일을 제시하고 있는 바[23,24] 이러한 관점에서 판단했을 때 상기의 연구는 HRmax 방법을 적용한 것으로 해석하는 것이 보다 정확한 표현일 것으로 사료되며, 이외의 운

동 시간, 운동 빈도 등은 위에 제시한 권고 수준 범위에서 운동 프로그램을 적용한 것으로 판단된다. 중재 집단은 운동 전 중등도 발기 부전에서 운동 후 경도 범위로 향상되었으나 통제 집단은 중등도 범위를 유지한 것으로 나타나 유산소성 운동과 항 고혈압제를 병행 처치하는 것이 항 고혈압제만을 처치하는 것보다 효과적이라고 제시하였다(Table 3).

그러나 상기 연구에서 고려해야 할 부분으로 유산소성 운동의 형태를 자전거 타기를 적용하였는데 자전거 타기와 같은 유산소성 운동은 심혈관계 질환의 위험 인자인 고혈압에 긍정적인 영향을 미치기는 하나 체중으로 인한 자전거 안장의 압박이 발기를 일으키는 음경의 신경과 혈관에 부정적인 영향을 미칠 수도 있기 때문에 발기 부전 환자를 대상으로 자전거 타기 운동을 적용할 때는 자전거 안장에 대한 주의가 요구되며[25], 또한 유산소성 운동 이외에 근력 운동은 혈압에 긍정적인 효과가 있는 것으로 보고 되고 있고[23] 항 고혈압제는 혈압을 낮추는 효과 이외에 발기 부전을 가져오는 원인으로도 작용하기 때문에 [9] 상기 연구에서 적용한 8주간의 운동 기간보다 운동 기간을 연장하여 항 고혈압제 처치 없이 유산소성 운동과 근력 운동을 병행한 후 발기 능력의 변화를 분석해 보는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Table 2. A description of intervention group in included studies

Study	Exercise modality	Exercise intensity	Exercise session (duration)	Exercise session (frequency)/wk	Exercise period
Lamina et al. [21]	Bicycle ergometer	60-79% HR _{max} reserve	45-60 min	3 days/wk	8 wk
Esposito et al. [26]	Walking, jogging, swimming, aerobic ball games, skiing Circuit resistance training	Moderate	≥ 30 min	5 days/wk	2 yr
Maio et al. [27]	Walking, hiking, running, jogging, cycling, cross-country skiing, aerobic exercise, swimming, skating, various endurance game activities	Moderate to a high number of repetitions, Take a break 15-60 sec between station 55-64% HR _{max}	20-60 min	3-5 days/wk	3 mon
Kalka et al. [44]	Cycle ergometer	Moderate-vigorous, 10 w (maximum load), RPE (13 >)	50 min	3 days/wk	6 mon
	General fitness exercise	Relaxing, stretching, balance, agility		2 days/wk	
	Resistance training	8-10 types, 12-15 reps			
Khoo et al. [28]	Stationary cycling treadmill, elliptical cross-training, brisk walking, jogging, cycling, swimming	55-70% HR _{max}	30-60 min	5-7 days/wk	24 wk
Maresca et al. [37]	Bicycle ergometer, treadmill	65% target heart rate of VO _{2peak}	40 min	3 days/wk	2 mon
Jones et al. [41]	Walking	55-100% of VO _{2peak}	30-45 min	5 days/wk	6 mon
Begot et al. [45]	Home based walking	Mild-moderate, RPE (4-5)	30-50 min	4 days/wk	1 mon
Palm et al. [46]	Bicycling	RPE (NR)	30 min	3 days/wk	6 mon
	Strength training PFE	Four exercise (lower body), 20 min Three times a day (lying, sitting, standing), duration of contraction (10 sec)			

NR, not reported; VO_{2peak}, maximal oxygen consumption; RPE, rating perceived exertion; PFE, pelvic floor exercise.

Table 3. Results of erectile function in included studies

Study	Outcome measurement	Outcome
Lamina et al. [21]	IIEF	I > C (p = .000)
Esposito et al. [26]	IIEF-5	I > C (p = .015)
Maio et al. [27]	IIEF	I > C (p = .007)
Kalka et al. [44]	IIEF-5	NS
Khoo et al. [28]	IIEF-5	I > C (p = .05)
Maresca et al. [37]	IIEF	I > C (p = .00001)
Jones et al. [41]	IIEF	NS
Begot et al. [45]	IIEF	I > C (p = .0001)
Palm et al. [46]	IIEF	I > C (p = .0002)

I, intervention group; C, control group; IIEF, international index of erectile function; IIEF-5, international index of erectile function-5 item; NS, not significant difference between groups.

비만

Tables 1, 2에 의하면 비만은 발기 부전의 위험인자이며 비만으로 인하여 발생된 발기 부전 연구는 2편[26,28]인 것으로 나타났다. Esposito et al. [26]은 생활방식의 변화가 발기 부전에 미치는 영향을 분석하기 위하여 비만 대상자들 중 IIEF를 이용하여 발기 부전으로 진단받은

209명을 대상으로 중재 집단은 유산소성 운동과 씨킷트 근력운동, 체중감량 교육, 식이요법을 병행하여 처치하였으며, 통제 집단은 신체 활동을 증가시키는 교육과 건강한 음식 섭취를 권고하는 방식으로 연구를 진행하였다. 식이요법은 에너지 소비의 10% 이하로 포화 지방을 섭취하도록 하고 단일 불포화 지방의 섭취를 10% 이상으로 증가시키고 1,000 kcal 당 적어도 15 g의 식이 섬유를 증가시키도록 하였으며 또한 통곡물, 채소, 과일, 저지방 우유, 올리브 오일을 자주 섭취하도록 권고하는 지중해식 식이 요법을 적용하였으며 본 연구에 적용한 유산소성 운동의 구체적인 운동 강도 설정 방법은 제시하지 않았으나 중강도 수준으로 처치하였다고 제시하였다.

Table 3에 의하면 IIEF-5를 이용하여 분석한 결과 중재 집단이 통제 집단보다 발기 능력에서 유의한 향상이 있는 것으로 보고 하였으며 운동 전 두 집단 모두 정도의 발기 부전 범주를 나타냈으나 운동 후 발기 기능 범주를 제시하지 않았고 다만 운동 전 정상적인 발기 기능 점수를 보인 %가 중재 집단의 경우 34%, 통제 집단의 36%에서 운동 후 중재 집단은 56%, 통제 집단의 경우 38%로 향상된 것으로 보고하였다. Khoo et al. [28]은 비만 대상자들 중 IIEF-5를 이용하여 발기 부전으로 진단받은 75명을 대상으로 중재 집단은 유산소성 운동과 식이요법을

통제 집단은 유산소성 운동 교육과 식이 요법을 처치하였으며 중재 집단과 통제 집단 모두 HRmax의 55-70% 수준으로 동일하게 처치하였으며 중재 집단은 주당 운동 시간이 200-300분, 통제 집단은 주당 90-150분을 수행하도록 하였으며 식이 요법으로는 하루에 요구되는 에너지 섭취량에서 400 kcal 이하로 에너지 섭취량을 감소시키고 감소된 에너지 섭취량은 탄수화물 50-55%, 20%의 단백질, 25-30%의 지방에서 포화지방은 10% 이하를 유지하도록 하였다. IIEF-5를 적용하여 분석한 결과 중재 집단이 통제집단 보다 유의한 향상이 있는 것으로 나타났으나 운동전과 후 두 집단 모두 경도 범위의 발기 부전 상태를 유지한 것으로 나타났다.

비만한 사람을 위한 운동 권고 사항으로 HRR의 경우 40-59%, 운동 시간 30분 이상, 운동빈도 5일 이상을 권고하고 있는 바[23], 상기에 제시된 2편의 연구 모두 모든 항목에서 권고 사항에 부합되는 범위 내에서 운동 프로그램을 진행한 것으로 판단되며 또한 운동 이외에 공통적으로 적용한 방법이 식이 요법의 처치이다. Esposito et al. [29]은 대사 증후군으로 인한 발기 부전 환자 65명을 대상으로 중재 집단에는 하루에 적어도 250-300 g의 과일, 125-150 g의 채소, 25-50 g의 견과류 및 밀, 옥수수, 콩과 같은 통곡물을 매일 400 g 이상 섭취하도록 권고하면서 올리브 오일의 섭취를 증가시키는 지중해식 식이 요법을 처치하였고 통제 집단은 단지 건강한 음식을 선택하는 정보를 제공한 후 발기 능력을 비교 분석한 결과 중재 집단이 통제 집단보다 IIEF 점수에서 유의한 향상이 나타났다고 제시하였으며, 제2형 당뇨병으로 인한 발기 부전 환자를 대상으로 하여 지중해식 식이 요법의 효과를 분석한 연구에서 지중해식 식이 요법 집단이 저지방 식이요법 집단보다 발기 능력이 보다 서서히 감소한 것으로 제시하였다[30]. 이와 같이 식이 요법과 발기 부전과의 관련성 연구수는 많지 않지만 과일, 채소, 그리고 견과류, 올리브 오일을 포함하는 통곡물을 섭취하는 지중해식 식이 요법은 관상 심장 질환 위험률을 현저히 낮춘다고 하는 연구[31]가 있기 때문에 식이 요법의 처치는 발기 부전의 치료를 위한 적용 가능한 방법이라고 사료된다.

신체적 비활동

발기 부전 환자 치료를 위해 적용하는 방법들 중 가장 일반적이고 우선적으로 처치하는 방법이 약물에 의한 처치일 것이다. Phosphodiesterase-5 inhibitor (PDE5, PDE5i)는 내인성 산화 질소의 혈관 확장성 효과를 상승시킴에 따라 발기를 유지시키는 데 도움을 주게 된다[9]. 현재 미국 FDA에 의하여 승인된 제품으로는 Avanafil (Stendra), Sildenafil (Viagra), Tadalafil (Cialis), Vardenafil (Levitra) 등 4가지 종류가 있고 [32] 이 4가지 종류 모두 유사한 효과와 안정성을 나타내는 것으로 보고되고 있으며 이 약물의 사용에 따른 부작용은 미비하며 지속적 사용 시 증상들은 호전되는 경우가 많으며 주로 두통, 안면홍조, 소화불

량 등의 형태로 나타난다[3]. Tables 1, 2에 의하면 Maio et al. [27]은 발기 부전으로 진단받고 PDE5i를 섭취하고 있으면서 어떤 신체적 활동에 참가한 적이 없는(주당 2시간 이하의 신체 활동) 60명을 대상으로 중재 집단은 유산소성 운동과 PDE5i 섭취를 병행하였고 통제 집단은 PDE5i만을 섭취하여 3개월간 연구를 진행하였다.

중재 집단과 통제 집단 모두 sildenafil, tadalafil, vardenafil 등 3가지 유형의 PDE5i를 섭취하였으며 HRmax의 55-64% 수준의 운동 강도, 20-60분의 운동 시간, 주당 3-5일로 설정하여 운동 프로그램을 진행하였으며 이는 신체적 비활동 사람을 위한 ACSM의 운동 권고 사항으로 HRR의 경우 40-59%, 운동 시간 30분 이상, 운동 빈도 5일 이상을 권고하고 있는 바[23], 이는 모든 항목에서 ACSM의 권고 사항에 부합되는 범위 내에서 운동 프로그램을 진행한 것으로 판단된다. 또한 Table 3에 의하면 IIEF를 이용하여 분석한 결과 중재 집단이 통제집단보다 발기 능력에서 유의한 향상이 있었으며 두 집단 모두 운동 전 경도 범주에서 운동 후 중재 집단은 ED가 없었고 통제 집단은 경도 범주에 있는 것으로 보고 하여 PDE5i 만을 섭취하는 것보다 유산소성 운동을 병행하는 것이 발기 능력을 향상시키는 효과적인 방법으로 제시하였다.

Silva et al. [33]은 유산소성 운동과 PDE5i의 병행 처치는 발기 능력을 향상시키는데 시너지 효과로 작용할 수 있는 것으로 보고하였으며 이러한 시너지 작용은 발기와 관련된 혈관 내피 부전에 있어서 PDE5i는 주로 단기간에 작용을 하게 되고 유산소성 운동은 혈관 내피 부전에 관여하는 위험 인자들을 장기간 조절하는데 관여하기 때문에 이 두가지 방법이 시너지 효과를 가져오는 것으로 보고 하였다[34]. 하지만 유산소성 운동과 PDE5i 약물들이 혈관에 미치는 긍정적인 작용 기전 즉 내인성 산화 질소의 혈관 확장성 효과 기전의 생화학적 과정이 동일하게 작용할 수 있기 때문에 유산소성 운동과 PDE5i의 병행 처치가 유산소성 운동만을 처치하는 것보다 혹은 PDE5i 만을 처치하는 것보다 효과가 크지 않을 수도 있다고 하는 반론도 제기[35]되고 있기 때문에 다양한 원인에 의해 발생하는 발기부전 대상자들에 대한 PDE5i 효과 혹은 PDE5i 약물 유형에 따른 유산소성 운동과의 복합 처치 효과에 대한 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다.

대사증후군

대사증후군은 발기 부전을 가져오는 주요한 원인으로 보고되고 있고[3,4,9] 복부 비만, 고혈압, 증가된 공복 시 혈당, 증가된 중성지방, 감소된 고밀도 지단백 콜레스테롤과 같은 5가지 요인들 중 적어도 3가지 요인들이 존재한다면 대사증후군으로 진단받게 된다[36]. Tables 1, 2에 의하면 Maresca et al. [37]은 비뇨기과에서 발기 부전으로 진단받은 외래 환자들 중에서 대사증후군이 동반된 사람들을 연구대상자로 선정하여 중재 집단은 자전거를 이용하여 운동부하 검사 후 최대산소섭취량의 65%에 해당하는 목표심박수를 운동 강도로 설정하였고, 하루에

40분, 주당 3일의 유산소성 운동 프로그램과 PDE5i 약물들 중 Tadalafil (Cialis)을 병행 처치하였고 통제 집단은 Tadalafil (Cialis)만을 처치하였으며 2달간의 운동 전과 운동 후 두 집단 모두 중등도의 발기 능력 범주에서 운동 후 중재 집단은 정도 수준으로 감소하였으나 통제 집단은 정도-중등도 범위를 나타내 중재 집단이 통제 집단 보다 IIEF를 이용하여 분석한 결과 발기 능력에서 유의한 향상이 있는 것으로 보고 하였다(Table 3).

본 연구에 적용한 유산소성 운동 강도의 경우 최대산소섭취량의 65%에 해당하는 목표심박수를 운동 강도로 처치하였는데 이 운동 강도는 ACSM [38]의 기준에서 보면 고강도 운동 범주에 해당되는 운동 강도이고 대사증후군의 경우 중강도(%HRR 혹은 %VO₂R의 40-59%) 혹은 고강도(%HRR 혹은 %VO₂R의 60-89%)의 운동 강도, 하루에 30분 이상, 주당 3-5일의 유산소성 운동을 권고하고 있는 바 본 연구에서 적용한 유산소성 운동 프로그램은 ACSM에서 권고하는 수준과 유사한 수준으로 운동 프로그램을 처치한 것으로 판단되며, 다만 본 연구에서 생각해 봐야 할 부분으로 첫 번째는 자전거를 이용하여 최대 운동부하검사 후 최대산소섭취량의 65%에 해당하는 목표심박수를 운동 강도로 처치하였고 실제적인 운동은 자전거와 트레드밀을 이용하였다는 것이다. 자전거와 트레드밀을 이용한 운동부하검사 및 운동은 심혈관계에 미치는 영향과 반응이 다르게 나타날 수 있고 또한 % 최대산소섭취량 방법을 이용하는 경우에 운동 강도를 과소 및 과대 수준으로 예측할 수 있다는 보고[23]가 있기 때문에 이러한 측면을 고려해야 할 부분으로 생각되며 두 번째로 본 연구의 대사증후군 연구대상자들 중 대사증후군의 특성에 따른 약물 섭취 정보가 없었다는 점인데 특히 본 연구에 적용한 Tadalafil (Cialis)과 같은 PDE5i 약물들과 니트로 글리세린과 같은 질산염 계통의 약물을 병행 처치하였을 경우 위험한 상태의 저혈압의 위험성을 유발하기 때문에 금기시되어 있다는 점이다[9].

따라서 이 두 가지 관점에서 보면 대사증후군 증상이 있는 사람들을 대상으로 운동부하검사시 정확한 최대산소섭취량을 도출하기 위해서는 사전 약물 섭취 여부 혹은 약물 유형들의 정보를 고려해서 검사를 시행해야 할 것이며, 운동 프로그램도 자전거와 트레드밀 운동을 병행하였으나 자전거와 트레드밀 운동은 심혈관계 미치는 영향이 다르고 또한 자전거 운동은 위에서 언급하였듯이 체중으로 인한 자전거 안장의 압박이 발기를 일으키는 음경의 신경과 혈관에 부정적인 영향을 미칠 수도 있다는 보고[25]가 있기 때문에 트레드밀 운동만을 적용하였다면 보다 신뢰성 있는 결과가 될 수 있었을 것이라고 판단된다.

전립선 암

전립선 암 환자의 경우에 적용하는 수술적 방법인 근치적 전립선 절제술은 발기 부전을 가져오는 가장 흔한 원인이며 전립선 절제술을 시

행 받은 환자의 약 80%가 발기 부전을 경험하는 것으로 알려져 있으며 [39] 이는 전립선 절제술로 인한 해면체 신경 손상과 혈관 내피 세포의 기능 부전이 결합되어 해면체 평활근의 소실 및 섬유화 결과를 초래하게 됨으로 인해 음경 조직으로 산소 공급이 감소 혹은 손상받게 되어 발기 부전이 발생하는 것으로 보고되고 있다[3,40]. Tables 1, 2에 의하면 Jones et al. [41]은 국소적 전립선 암 환자를 대상으로 근치적 전립선 절제 수술 후 발기 부전이 나타난 50명을 대상으로 하여 중재 집단 25명, 통제 집단 25명으로 집단을 분류하여 6개월간 발기 능력의 변화를 연구하였다. 중재 집단의 경우 운동 유형은 걷기, 운동 강도는 최대 운동부하 검사 후 도출된 최대산소섭취량의 55-100%, 운동 시간은 30-45분, 운동 빈도는 주당 5일, 운동 기간은 6개월로 설정하였으며 본 연구에 적용한 유산소성 운동의 형식은 적절한 휴식과 회복 시간을 부여하면서 운동 강도와 운동 시간을 빈번하게 증가시키고 감소시키는 소위 비 직선적 유산소성 운동(Non-Linear Aerobic Exercise) 형식을 적용하였으며 통제 집단은 일반적인 운동 수준을 유지하도록 교육 하였다.

IIEF를 이용하여 분석한 결과 두 집단 모두 처치 전 중등도의 발기 부전에서 6개월 후 정도의 발기 부전 상태를 나타냈고 두 집단 간에 유의한 차이는 없었으며(Table 3) 이러한 결과가 나타난 이유에 대해서 연구자들은 연구대상자의 인원이 적었고, 또한 전립선 암 환자에게 적용한 근치적 전립선 절제술이 혈관 내피 세포 기능 부전보다 수술로 인한 해면체 신경 손상이 주된 원인으로 작용함으로 인해 6개월간의 유산소성 운동으로 해면체 신경 손상을 회복시키기에는 한계가 있는 것으로 제시하여 결론적으로 6개월간의 유산소성 운동은 전립선 암 환자에게 발기 능력을 향상시키지 못하는 것으로 제시하였다. 하지만 근치적 전립선 절제술이 혈관 내피 세포 기능 부전과 해면체 신경 손상이 단독적 혹은 복합적으로 작용하여 발기 부전이 나타나는 것이라면 유산소성 운동 이외에 현재까지 근치적 전립선 수술과 PDE5i 약물들과의 효과에 대한 연구는 진행된 바 없지만 전립선 암 환자를 대상으로 방사선 요법과 PDE5i 약물들을 병행한 집단과 방사선 요법과 위약을 처치한 집단을 비교 분석한 결과 방사선 요법과 PDE5i 약물들을 병행한 집단에서 발기 능력 유지가 더 높은 것으로 나타났다는 보고 [42], 그리고 PDE5i 약물들을 이용하면 자주 사정을 하게 됨으로써 전립선 암에 대한 위험을 낮출 수도 있다는 보고[43]들이 있어 유산소성 운동과 PDE5i 약물치료를 병행하여 처치하는 방법을 시도해 볼 필요가 있을 것으로 판단된다.

심혈관계 질환

Tables 1, 2에 의하면 Kalka et al. [44]은 허혈성 심장 질환자들 중 IIEF-5를 이용하여 21점 혹은 이하 점수를 나타낸 발기 부전 환자를 대상으로 하여 6개월간 중재 집단은 자전거를 이용하여 운동자각도 13 이상

의 중강도-고강도의 운동강도, 운동 시간은 50분, 주당 3일, 그리고 일반적인 체력 운동, 저항 운동, 허혈성 심장 질환을 위한 약물 처치를 병행하였고 통제 집단은 일반적인 건강 정보를 제공하고 허혈성 심장 질환을 위한 약물 처치를 병행한 후 발기 기능의 차이를 분석한 결과 두 집단 모두 처치 전 정도의 발기 부전에서 처치 후 정도의 발기 부전 상태로 변화가 없었으며 두 집단 간에 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 3). Begot et al. [45]은 급성 심근 경색 환자들을 대상으로 하여 중재 집단의 운동 유형은 걷기, 운동 강도는 운동자각도 10척도를 이용하여 4-5범위의 중강도, 운동 시간은 30-50분, 운동 빈도는 주당 4일, 운동 기간은 한 달 그리고 심근 경색을 위한 약물 처치를 병행하였고 통제 집단은 일반적인 처치와 심근 경색을 위한 약물 처치를 시행하여 IIEF를 이용하여 분석한 결과 중재 집단이 통제 집단보다 발기 기능에서 유의한 향상을 보였고 처치 전과 처치 후 발기 기능 범주를 제시하지 않았으나 처치 전 ED%가 중재 집단의 경우 84%에서 처치 후 12%로 감소하였으며, 통제 집단의 경우는 처치 전 83%에서 처치 후 93%로 증가한 것으로 제시하였다.

Palm et al. [46]은 허혈성 심장 질환 혹은 삽입형 심장 제세동기를 착용한 환자들 중 IIEF를 이용하여 중등도-심한 발기 부전 환자를 대상으로 하여 중재 집단은 유산소성 운동, 근력 운동, 골반저 근육 운동, 심리 교육 상담, 약물 처치를 병행하여 시행하고 통제 집단은 일반적인 처치와 약물 처치를 병행하여 시행하였다. 운동 유형은 자전거 타기, 운동 강도는 운동자각도를 이용하였으나 구체적인 범위를 제시하지 않았고 운동 시간은 30분, 운동 빈도는 주당 3일, 운동 기간은 6개월을 시행하였으며 두 집단 모두 처치 전과 처치 후 중등도 범주를 나타냈으며 중재 집단이 유의한 향상이 있는 것으로 나타났다. 심혈관계 질환자의 경우 운동자각도를 이용하여 운동 강도를 설정할 경우 운동 강도 권고 범위를 20척도의 경우 12-16, 10척도의 경우 3-8의 범위를 제시하고 있고[47,48] 이 수준은 중간(moderate)-활력(vigorous)범위 [23], 혹은 어느 정도 힘든(somewhat hard)-힘든(hard)범위에 포함되는 것으로 해석할 수 있을 것이며[49], 상기에 제시된 3편 연구들 중 운동자각도 수준을 제시하지 않은 1편의 연구를 제외하고 2편의 연구들은 권고 범위내에서 운동 강도 및 운동 시간을 설정하여 적용한 것으로 사료된다.

위에 제시된 심혈관계 질환자를 대상으로 한 3편의 연구들 모두 심혈관계 질환을 위한 약물 처치를 적용하였는데 약물 처치는 심혈관계 질환을 위해 처치되기도 하지만 발기 부전을 가져오는 양면성이 존재하게 되는데 3편의 연구들 중 2편의 연구는 중재 집단이 통제 집단보다 유의한 향상이 있었고 1편의 연구[23]는 중재 집단과 통제 집단의 차이가 없는 것으로 보고되어 이러한 결과가 나온 이유가 각각의 연구에서 적용한 연구대상자의 심혈관계 질환 유병 기간의 차이인지, 약물 유형과 섭취량의 차이인지, 운동 프로그램 혹은 운동 외 프로그램의

차이인지를 명확하게 제시하기 위해서는 추가적인 후속 연구가 필요할 것이며 Palm et al. [46]은 운동 처치 이외에 전문적으로 훈련된 간호사가 발기 부전 환자를 대상으로 개인적인 심리 교육 상담 처치를 적용하였는데 그 주된 내용들은 발기 부전의 원인, 성적 관심사, 성적 활동의 수준, 대인 관계, 성적 문제, 동반 질환, 약물 등과 관련된 주제를 가지고 상담을 진행하였다. 이러한 심리 교육 및 심리 상담은 운동, 식이, 금연, 금주 등과 같이 발기 부전 치료를 위한 여러 가지 방법 이외에 병행하여 적용할 수 있는 효과적인 방법으로 제시하고 있고[50] 또한 집단 심리 교육과 Sildenafil (Viagra)을 병행하여 처치하는 것은 Sildenafil (Viagra)만을 처치하는 것보다 발기 기능을 유의하게 향상시킨다는 보고가 있어[51] 이러한 심리 상담을 발기 부전 치료를 위한 하나의 방법으로 적용하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

종합적 논의

본 연구에서 선정 기준에 부합한 논문들은 총 9편으로 연구수가 많지 않아 제한적이기는 하지만 과거부터 현재까지 유산소성 운동 프로그램을 적용한 발기 부전 대상자들의 특성을 살펴보면 심인성 발기 부전 대상 연구는 없었으며 9편 모두 기질성 발기 부전 대상 연구들이었으며 9편 중에 8편은 혈관성 발기 부전 대상 연구였고 1편은 신경성 발기 부전 연구로 분석되었다. 이와 같이 혈관성 발기 부전 연구가 많은 것은 상기에서 제시되었듯이 음경의 발기는 음경으로 전달되는 혈류량과 밀접한 관련성이 있기 때문에 이러한 혈류량에 부정적인 영향을 미치는 심혈관계 위험 인자 혹은 심혈관계 질환이 존재하는 사람들을 대상으로 하여 유산소성 운동의 효과를 검증하기 위한 시도로 분석되며 또한 유산소성 운동 이외에 근력 운동, 골반저 근육운동 그리고 식이 요법, 약물 요법, 심리 상담과 같은 방법들을 병행 처치한 것으로 나타나 발기 부전을 치료하기 위해서는 유산소성 운동만으로 긍정적인 효과를 가져오기에는 한계가 있기 때문에 다른 운동 혹은 다른 요법들을 병행 처치하여 분석을 시도한 것으로 사료된다.

본 연구에서 분석한 9편의 연구들에 적용한 유산소성 운동 프로그램에서 다양한 방법들을 이용하여 운동 강도를 설정하였으나 첫 번째로 생각해 봐야 하는 부분은 어떠한 방법이 운동 강도를 설정하는 데 있어서 가장 효과적인 방법인지 혹은 ED를 위한 가장 효과적인 방법이 무엇인지에 대한 연구들은 보고된 바 없지만 유산소성 운동을 수행하게 되면 관련 변인들 즉 최대심박수, 안정시 심박수, 안정시 산소 섭취량, 최대산소섭취량의 유의한 변화는 운동생리학적 측면에서 이미 많이 보고되고 있고 또한 운동처방시 % 최대심박수와 % 최대산소 섭취량 방법을 이용하는 경우에 운동 강도를 과소 및 과대 수준으로 예측할 수 있기 때문에[23,52,53] 운동부하 검사를 시행하지 못할 경우 최대심박수를 220-자기나이 방법을 적용하더라도 여유심박수(HRR) 방법을 적용하여 운동강도를 설정하고, 운동부하검사를 시행한다고

하면 %최대산소섭취량 방법보다 여유산소섭취량(VO_2R)을 적용하여 운동강도를 설정하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

두 번째는 운동 형식에 대한 방법으로 선행연구들 중에서 한 가지 연구[41]를 제외하고는 모든 연구들이 운동의 적응을 유도하기 위하여 저강도-중강도의 지속적 운동(low-moderate intensity continuous exercise)을 1-4주의 일정한 간격으로 혹은 점진적으로 운동 강도와 운동 시간을 증가시키는 소위 직선적 유산소성 운동(Linear Aerobic Exercise, LAE) 방법을 적용하였다. 그러나 이 방법은 잠재적으로 피로 누적을 유발할 수 있고 그에 따라 운동 참여도를 감소시킬 수 있다고 하는 측면 때문에[54] 이를 보완하기 위한 방법으로 매일 혹은 주마다 적절한 휴식을 부여하면서 운동 강도와 시간을 매일 혹은 주마다 빈번하게 증가시키고 감소시키는 소위 비 직선적 유산소성 운동(Non-Linear Aerobic Exercise, NLAE) 방법을 전립선 암 환자를 대상으로 적용하였으나 중재 집단과 통제 집단 간 유의한 차이는 없는 것으로 보고하였고[41] 또한 관상심장질환자를 대상으로 NLAE와 LAE 방법 간 심폐 관련 변인들에서 유의한 차이가 없는 것으로 보고 하였다[55]. 그러나 과체중 남성들을 대상으로 하여 NLAE 집단이 LAE 집단보다 인슐린 저항성이 유의하게 감소했다는 보고와[56] 젊은 만성적 폐쇄성 폐질환자를 대상으로 연구를 진행한 결과 NLAE 집단이 LAE 집단보다 유산소성 지구성 능력이 향상되었다는 연구들의[57] 측면을 고려한다면 추후에는 ED 환자를 대상으로 NLAE 방법과 LAE 방법 간 발기 기능의 차이를 분석해 보는 연구들이 필요할 것으로 사료된다.

세 번째로 본 연구에서 선정 기준에 부합하는 연구들 중 유산소성 운동과 근력 운동을 병행 처치한 연구들[26,44], 그리고 유산소성 운동과 근력운동, 골반저 근육 운동(pelvic floor muscle exercise, PFME)을 병행 처치한 연구[46]가 있었는데 3개의 연구들 중 2개의 연구에서 중재 집단이 통제 집단보다 발기 기능에서 유의한 향상이 있는 것으로 보고 하였다. 근력 운동은 신체 구성, 인슐린 민감도, 혈당, 혈압에 긍정적인 효과가 있고 이에 따라 대사증후군과 심혈관계 질환을 예방하고 처치하는데 효과적인 것으로 제시되고 있고[23], 다른 한 가지 운동은 PFME이다. 이 운동은 골반 아래쪽에 위치하고 있는 좌골해면체근(ischioavernosus muscle)과 구해면체근(bulbospongiosus muscle)들이 남성의 발기를 유발하고 유지시켜 주는 역할에 관여하기 때문에 이 근육들이 약화되는 것은 ED로 발전될 수 있으며 따라서 PFME를 수행하면 정상적인 발기 기능을 회복할 수 있다고 제시[58-60]하고 있기 때문에 위에서 제시한 NLAE와 LAE와의 효과 비교 연구 이외에 심혈관계 위험인자에 긍정적인 효과가 있는 근력운동과 PFME 운동의 이점들이 존재하는 관계로 유산소성 운동, 근력운동, PFME와의 복합 처치 효과에 대한 연구들을 시도해 볼 필요가 있을 것이다.

결론 및 제언

결론

선행 연구들의 분석 결과 고혈압, 비만, 신체적 비활동, 대사증후군, 심혈관계 질환 등이 동반된 경도-중등도 발기 부전의 경우 가벼운(저강도)-활력적인(고강도) 운동 강도 범위의 유산소성 운동 프로그램의 수행은 잠재적인 이점이 있을 것으로 사료되며, 추후에 NLAE 방법과 LAE 방법 중 어떠한 유산소성 운동 방법이 발기 부전에 더욱 효과적인 인지를 검증하기 위한 연구들이 필요하다.

제언

본 연구의 선정 기준에 부합되는 선행 연구들의 분석 결과 중재 집단에 공통적으로 적용한 유산소성 운동 이외에 근력 운동은 심혈관계 위험 인자와 심혈관계 질환을 예방하고 처치하는데 효과적인 것으로 제시되어 왔고 또한 골반저 근육 운동은 정상적인 발기 기능을 회복할 수 있다고 하는 연구들이 제시되어 왔던 바 전립선 암 수술로 인해 발생된 발기 부전 환자를 제외한 심혈관계 위험 인자 및 심혈관계 질환으로 인한 경도-중등도 발기 부전 환자를 대상으로 PDE5 억제제 처치 없이 3가지 운동이 결합된 복합 운동 프로그램과 식이 요법의 병행 처치가 발기 기능에 어떠한 효과가 있는지를 분석해 보는 연구들이 요구된다.

CONFLICT OF INTEREST

이 논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며, 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

AUTHOR CONTRIBUTION

Conceptualization, Writing-original draft, Writing-review & editing: KL Kim.

ORCID

Kwanglae Kim

<https://orcid.org/0000-0002-0210-2532>

REFERENCES

1. NIH Consensus Conference. Impotence. NIH consensus development panel on impotence. JAMA. 1993;270(1):83-90.

2. Jonler M, Moon T, Brannan W, Stone NN, Heisey D, et al. The effect of age, ethnicity and geographical location on impotence and quality of life. *Br J Urol*. 1995;75(5):651-5.
3. Moon DG. The risk factors, diagnosis and treatment guideline of erectile dysfunction. *J Korean Med Assoc*. 2015;58(5):443-51.
4. Matsui H, Sopko NA, Hannan JL, Bivalacqua TJ. Pathophysiology of erectile dysfunction. *Curr Drug Targets*. 2015;16(5):411-9.
5. McMahon CG. Current diagnosis and management of erectile dysfunction. *Med J Aust*. 2019;210(10):469-76.
6. Bacon CG, Mittleman MA, Kawachi I, Giovannucci E, Glasser DB, et al. Sexual function in men older than 50 years of age: results from the health professional follow-up study. *Ann Intern Med*. 2003;139(3):161-8.
7. Derby CA, Mohr BA, Glodstein I, Feldman HA, Johannes CB, et al. Modifiable risk factors and erectile dysfunction: can lifestyle changes modify risk? *Urol*. 2000;56(2):302-6.
8. Hsiao W, Shrewsbury AB, Moses KA, Johnson TV, Cai AW, et al. Exercise is associated with better erectile function in men under 40 as evaluated by the international index of erectile function. *J Sex Med*. 2012;9(2):524-30.
9. Rew KT, Heidelbaugh JJ. Erectile dysfunction. *Am Fam Physician*. 2016;94(10):820-7.
10. Yafi FA, Jenkins L, Albersen M, Corona G, Isidori AM, et al. Erectile dysfunction. *Nat Rev Dis Primers*. 2016;2(16003):1-33.
11. Kirby M. The circle of lifestyle and erectile dysfunction. *Sex Med Rev*. 2015;3(3):169-82.
12. Maiorino MI, Bellastella G, Esposito K. Lifestyle modifications and erectile dysfunction; what can be expected? *Asian J Androl*. 2015; 17(1):5-10.
13. Hehemann MC, Kashanian JA. Can lifestyle modification affect men's erectile dysfunction? *Trans Androl Urol*. 2016;5(2):187-94.
14. Glina S, Sharlip ID, Hellstrom WJ. Modifying risk factors to prevent and treat erectile dysfunction. *J Sex Med*. 2013;10(1):115-9.
15. Kendirci M, Nowfar S, Hellstrom WJ. The impact of vascular risk factors on erectile function. *Drugs Today* 2005;4(1):65-74.
16. Leoni LA, Fukushima AR, Rocha LY, Maifrino LB, Rodrigues B. Physical activity on endothelial and erectile dysfunction: a literature review. *The Aging Male*. 2014;17(3):125-30.
17. Meldrum DR, Gambone JC, Morris MA, Melddrum DA, Esposito K, et al. The link between erectile and cardiovascular health: the canary in the coal mine. *Am J Cardiol*. 2011;108(4):599-606.
18. Johansen PP, Zwisler AD, Hastrup-Svendsen J, Frederiksen M, Lind-schou J, et al. The CopenHeartSF trial-comprehensive sexual rehabilitation programme for male patients with implantable cardioverter defibrillator or ischaemic heart disease and impaired sexual function: protocol of a randomized clinical trial. *BMJ Open*. 2013;3(11):1-11.
19. Hannan JL, Maio MT, Komolova M, Adams MA. Beneficial impact of exercise and obesity interventions on erectile function and its risk factors. *J Sex Med*. 2009;6(suppl 3):254-61.
20. Nunes KB, Labazi H, Webb RC. New insights into hypertension-associated erectile dysfunction. *Curr Opin Nephrol Hypertens*. 2012;21(2): 163-70.
21. Lamina S, Okoye CG, Dagogo TT. Therapeutic effect of an interval exercise training program in the management of erectile dysfunction in hypertensive patients. *J Clin Hypertens (Greenwich)* 2009;11(9):125-9.
22. Park DH, Kim CS, Kim KJ. Consideration about physical activity guideline and exercise intensity for adult. *Exerc Sci*. 2015;24(2):99-107.
23. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, et al. American college of sports medicine position stand. The quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults:guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2011; 43(7):1334-59.
24. Pescatello LS, MacDonald HV, Ash GI, Lamberti LM, Farquhar WB, et al. Assessing the existing professional exercise recommendations for future research priorities. *Mayo Clin Proc*. 2015;90(6):801-12.
25. Sommer F, Goldstein I, Korda JB. Bicycle riding and erectile dysfunction: a review. *J Sex Med*. 2010;7(7):2346-58.
26. Esposito K, Ciotola M, Giugliano F, Maiorino MI, Autorino R, et al. Effects of intensive lifestyle changes on erectile dysfunction in men. *J Sex Med*. 2009;6(1):243-50.
27. Maio G, Saraeb S, Marchiori A. Physical activity and PDE5 inhibitors in the treatment of erectile dysfunction: results of a randomized controlled study. *J Sex Med*. 2010;7(6):2201-8.
28. Khoo, J, Tian HH, Tan B, Chew K, Ng CS, et al. Comparing effects of low- and high volume moderate-intensity exercise on sexual function and testosterone in obese men. *J Sex Med*. 2013;19(7):1823-32.
29. Esposito K, Ciotola M, Giugliano F, Sio MD, D'armiento M, et al. Mediterranean diet improves erectile dysfunction in subjects with the metabolic syndrome. *Int J Impot Res*. 2006;18(5):405-10.
30. Maiorino MI, Bellastella G, Caputo M, Castaldo F, Rosaria M, et al. Effects of mediterranean diet on sexual function in people with newly diagnosed type 2 diabetes: the MEDITA trial. *J Diabetes Complica-*

- tions. 2016;30(8):1519-24.
31. Hu FB, Willett WC. Optimal diets for prevention of coronary heart disease. *JAMA*. 2002;288(20):2569-78.
32. Yuan J, Zhang R, Yang Z, Lee J, Liu Y, et al. Comparative effectiveness and safety of oral phosphodiesterase type 5 inhibitors for erectile dysfunction: a systematic review and network meta-analysis. *Eur Urol*. 2013;6(3):902-12.
33. Silva AB, Sousa N, Azevedo LF, Martins C. Physical activity and exercise for erectile dysfunction: systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2017;51(19):1419-24.
34. Gerbild H, Larsen CM, Graugaard C, Josefsson KA. Physical activity to improve erectile function: a systematic review of intervention studies. *Sex Med*. 2018;6(2):75-89.
35. Allen MS. Physical activity as an adjunct treatment for erectile dysfunction. *Nat Rev Urol*. 2019;16(9):553-62.
36. Delay KJ, Haney N, Hellstrom W JG. Modifying risk factors in the management of erectile dysfunction: a review. *World J Mens Health*. 2016;34(2):89-100.
37. Maresca L, D'Agostino M, Castaldo L, Vitelli A, Mancini M, et al. Exercise training improves erectile dysfunction (ED) in patients with metabolic syndrome on phosphodiesterase-5 (PDE-5) inhibitors. *Monaldi Arch Chest Dis*. 2013;80(4):177-83.
38. WS Kim, SJ Kang, HJ Kang, SK GO, MH Kim, et al. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription [trans]. 10 th ed., Seoul: Hanmi Medical Publishing 2020;229-32.
39. Sivarjan G, Prabhu V, Taksler GB, Laze J, Lepor H. Ten-year outcomes of sexual function after radical prostatectomy: results of a prospective longitudinal study. *Eur Urol*. 2014;65(1):58-65.
40. Sanda MG, Dunn RL, Michalski J, Sandler HM, Northouse L, et al. Quality of life and satisfaction with outcome among prostate-cancer survivors. *N Engl J Med*. 2008;358(12):1250-61.
41. Jones LW, Hornsby WE, Freedland SJ, Lane A, West MJ, et al. Effects of nonlinear training on erectile dysfunction and cardiovascular function following radical prostatectomy for clinically localized prostate cancer. *Eur Urol*. 2014;65(5):852-5.
42. Zelefsky MJ, Shasha D, Branco RD, Kollmeier M, Baser RE, et al. Prophylactic sildenafil citrate improves select aspects of sexual function in men treated with radiotherapy for prostate cancer. *J Urol*. 2014;192(3):868-74.
43. Rider JR, Wilson KM, Sinnott JA, Kelly RS, Mucci LA, et al. Ejaculation frequency and risk of prostate cancer: updated results with an additional decade of follow-up. *Eur Urol*. 2016;70(6):974-82.
44. Kalka D, Domagala Z, Dworak J, Womperski K, Rusiecki L, et al. Association between physical exercise and quality of erection in men with ischaemic heart disease and erectile dysfunction subjected to physical training. *Kardiol Pol*. 2013;71(6):573-80.
45. Begot I, Peixoto TC, Gonzaga LA, Bolzan DW, Papa V, et al. A home-based walking program improves erectile dysfunction in men with an acute myocardial infarction. *Am J Cardiol*. 2015;115(5):571-75.
46. Palm P, Zwisler AD, Svendsen JH, Thygesen LC, Giraldo A, et al. Sexual rehabilitation for cardiac patients with erectile dysfunction: a randomized clinical trial. *Heart*. 2019;105(10):775-82.
47. American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. The continuum of care: from inpatient and outpatient cardiac rehabilitation to long term secondary prevention. In: *Guidelines for Cardiac Rehabilitation and Secondary Prevention Programs*. 5th ed., Illinois: Human Kinetics 2013;5-18.
48. Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, Arena R, Balady GJ, et al. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2013;128(8):873-934.
49. Lee O, Jung JW. Validity of borg's category ratio 10 scale during maximal-graded exercise testing. *Exerc Sci*. 2016;25(2):92-9.
50. Retzler K. Erectile dysfunction: a review of comprehensive treatment options for optimal outcome. *J Restor Med*. 2019;8(1):e20190104
51. Melnick T, Soares BG, Nasseo AG. Psychosocial intervention for erectile dysfunction. *Cochrane Database Syst Rev*. 2007;(3):CD004825.
52. Mezzani A, Hamm LF, Jones AM, McBride PE, Moholdt T, et al. Aerobic exercise intensity assessment and prescription in cardiac rehabilitation: a joint position statement of the European Association for Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation and the Canadian Association of Cardiac Rehabilitation. *Eur J Prev Cardiol*. 2013;29(3):442-67.
53. Swain DP. Energy cost calculation for exercise prescription: an update. *Sports Med*. 2000;30(1):17-22.
54. Fleck S. Non-linear periodization for general fitness and athletes. *J Hum Kinet*. 2011;29(A):41-5.
55. Boidin M, Trachsel LD, Nigam A, Juneau M, Tremblay J, et al. Non-linear is not superior to linear aerobic training periodization in coronary heart disease patients. *Eur J Prev Cardiol*. 2020;27(16):1691-8.
56. Ahmadizad S, Ghorbani S, Ghasemikaram M, Bahmanzadeh M. Effects of short-term nonperiodized, linear periodized and daily undulating periodized resistance training on plasma adiponectin, leptin and insulin resistance. *Clin Biochem*. 2014;47(6):417-22.

57. Klijin P, Van Keimpema A, Legemaat M, Gosselink R, Van Stel H. Nonlinear exercise training in advanced chronic obstructive pulmonary disease is superior to traditional exercise training. a randomized trial. *Am J Respir Crit Care Med.* 2013;188(2):193-200.
58. Dorey G, Speakman M, Feneley R, Swinkels A, Dunn C, et al. Randomised controlled trials of pelvic floor muscle exercises and manometric biofeedback for erectile dysfunction. *Br J Gen Pract.* 2004;54(208):819-25.
59. Dorey G, Speakman MJ, Feneley RC, Swinkels A, Dunn CD. Pelvic floor muscle exercises for erectile dysfunction. *BJU Int.* 2005;96(4):595-7.
60. Dorey G. Male pelvic floor: history and update. *Urol Nurs.* 2005;25(4):277-84.