



운동부하검사 후 심박수 회복 반응에 영향을 미치는 요인의 성별 차이 분석

신성은(동국대학교, 박사과정) · 정진욱*(동국대학교, 교수)

국문초록

본 연구는 20-40대의 일반 성인 남녀를 대상으로 운동부하검사(GXT)를 실시하고, 운동 종료 후 1분 단위로 측정된 3분까지의 심박수 회복률(Heart Rate Recovery%, HRR%: 운동 종료 시점 심박수에서 회복 운동 구간 시점 1분, 2분, 3분의 심박수 감소폭이 안정시 심박수까지 회복해야 할 거리 중 어느 정도를 차지하는지 비율)을 분석하여 연령대에 따른 성별 차이를 비교하고, HRR%에 영향을 미치는 요인을 성별로 구분하여 분석하는데 목적이 있다. 연구 대상은 남성 133명, 여성 94명이며 InBody J30을 이용해 신체 조성 지표를 측정하였고, 속도와 경사도가 점진적으로 증가하는 Bruce 프로토콜을 사용하여 연구 대상자들 전원이 자발적 탈진(all-out) 시점까지 검사를 진행하였다. 통계 분석은 SPSS 23을 이용하여 기술통계, 정규성 검정(Shapiro-Wilk test), 독립표본 t-검정, 다중회귀분석을 실시하였으며, 유의 수준은 $p<.05$ 로 설정하였다. 20대, 30대, 40대 모든 연령대에서 남성(51.60±7.16)은 여성(42.77±5.74)보다 최대산소섭취량이 유의하게 높았으며($p<.001$) 20대와 30대 여성은 남성보다 심박수 회복률이 모두 유의하게 높게 나타났다($p<.05$). 40대에서는 성별 간 HRR%차이가 관찰되지 않았다. 남성의 HRR1%는 만 나이(partial $r=.164$, $p<.05$), 안정시 심박수(partial $r=.331$, $p<.001$), 최대심박수(partial $r=.170$, $p<.05$)가 높을수록 평균심박수(partial $r=-.334$, $p<.001$)가 낮을수록 HRR2%는 만 나이(partial $r=.205$, $p<.01$), 최대산소섭취량(partial $r=.177$, $p<.05$), 안정시 심박수(partial $r=.364$, $p<.001$)가 높고 평균심박수(partial $r=-.291$, $p<.001$)가 낮을수록 HRR3%는 만 나이(partial $r=.232$, $p<.001$), 최대산소섭취량(partial $r=.235$, $p<.001$), 안정시 심박수(partial $r=.426$, $p<.001$)가 높고 평균심박수(partial $r=-.261$, $p<.001$)가 낮을수록 높아지는 경향을 보였다. 여성의 HRR1%는 평균심박수(partial $r=-.375$, $p<.001$)가 낮을수록 HRR2%는 안정시 심박수(partial $r=.268$, $p<.01$)가 높고 평균심박수(partial $r=-.338$, $p<.001$)가 낮을수록 HRR3%는 안정시 심박수(partial $r=.288$, $p<.01$)가 높고 평균심박수(partial $r=-.277$, $p<.01$)가 낮을수록 높아지는 경향을 보였다. 이러한 결과는 심박수 회복 해석 시 성별 특성을 고려한 접근이 필요함을 시사하

* 정진욱, 동국대학교, E-mail: cjw826@dongguk.edu

며, 향후 연구에서는 운동 수행 중의 생리적 변인뿐만 아니라 일상 활동에서 감지되는 데이터와의 통합적 분석을 통해 성별에 따른 심박수 회복 반응의 기전을 규명할 필요가 있다.

한글주요어 : 성별 차이, 심박수회복률, 최대산소섭취량, 웨어러블 디바이스

I. 서 론

현대인들은 웨어러블 디바이스를 활용해 개인 맞춤형 건강관리를 하는 경향이 있다. 미국스포츠의학회(ACSM)의 2025년 피트니스 트렌드 조사 결과에 따르면, 웨어러블 기술(1위), 모바일 운동 앱(2위), 데이터 기반 트레이닝 기술(7위)이 10위 안에 포함되었으며 이를 통해 운동과 건강관리 형태의 변화를 확인할 수 있다(A'Naja, Batrakoulis, Camhi, McAvoy, Sansone & Reed, 2024). 디지털 기반 운동 관리 환경에서는 심박수(Heart Rate, HR), 운동 강도, 활동량, 칼로리 소모, 수면 패턴 등 다양한 생리적 데이터 실시간 수집 및 분석이 가능하다(Hughes, Shandhi, Master, Dunn & Brittain, 2023). 특히, 웨어러블 디바이스를 통해 쉽게 측정 및 데이터 관리가 가능한 신체 조성 지표, 심박수(Heart Rate, HR) 최대산소섭취량(VO_2max)등은 건강 수준 평가 및 맞춤형 트레이닝 전략 수립에 적극 활용되고 있다(Carrier, Marten Chaves & Navalta, 2025; Jung et al., 2021).

그 중 심박수는 웨어러블 디바이스를 통해 확인할 수 있는 대표적 생리 지표로 실시간 심박수 측정

은 최대심박수, 목표심박수 영역 설정에 기반한 운동 강도 조절을 가능하게 하며, 맞춤형 트레이닝을 실현하는 핵심 도구로 기능한다(Duking, Giessing, Frenkel, Koehler, Holmberg & Sperlich, 2020). 심박수 대부분의 활용은 운동 중 반응에 초점이 맞추어져 있으며, 운동 종료 후 회복기에 나타나는 생리적 반응, 특히 심박수 회복 반응은 상대적으로 간과되는 경향이 있다. 심박수 회복(HRR)은 운동 직후 회복 구간에서 나타나는 자율신경계, 특히 부교감신경계의 회복 능력을 반영하는 지표로 해석된다(Pierpont, Adabag & Yannopoulos, 2013). Cole, Blackstone, Pashkow, Snader & Lauer(1999)는 최대운동부하검사 후 1분 시점의 심박수 회복(HRR)이 12bpm 이하일 경우 모든 원인 사망률과 심혈관질환 사망률의 강력한 독립적 예측인자임을 제시하였다. 이처럼 예후적 가치가 높음에도 불구하고 운동 현장에서 활용은 미흡하며(Peçanha, Silva-Júnior & Forjaz, 2014) 질병 관리뿐만 아니라 운동 훈련 설계 차원에서도 그 중요성이 강조되고 있다. 임소정, 성봉주, 박노환(2024)은 남자 국가대표 운동선수들을 대상으로 진행한 운동부하검사를 통해 최대산소섭취량, 환기량 회복률, 심박수 회복률을 종목별 비교 분석하여 현장에서 간편하고 유용한 훈련 프로그램

평가 지표로 제시하였다.

심박수 회복 반응 매커니즘에 대해서는 다양한 의견이 제시되고 있다. Miao, Yan, Zhu & Li(2024)는 중국 성인 남녀를 신체활동 수준에 따른 3개 그룹을 운동부하검사를 통해 측정된 최대산소섭취량($VO_2\text{max}$)과 HRR의 관계를 분석한 결과, 최대산소섭취량($VO_2\text{max}$)이 높을수록 심박수 회복 능력이 우수하며, 빠른 심박수 회복은 유산소 운동 능력의 우수성과 직결됨을 보고하였다. 신세영, 김원중, 진승모(2019)는 20대 남녀를 대상으로 심박수 회복 경향을 BMI 집단별로 비교하여 남녀 모두 과체중집단이 저체중집단 보다 상대적으로 빠른 회복을 보이는 경향을 확인하였다. 한편 Boby, Katanic, Citozi, Govindasamy & Geantă(2025)는 여성크리켓 선수 대상으로 체성분 요인과 심박수 회복 간의 관계를 분석한 결과, 대부분의 체성분 지표가 HRR1 및 HRR2와 음의 상관을 보였으며, 특히 체지방률이 심박수 회복 능력에 부정적 영향을 미칠 수 있음을 제시하여, 여성의 회복 생리 반응 및 운동 처방에서 체성분 고려의 중요성을 강조하였다. Bouakkar, Pereira, Johnston, Pakosh, Drake & Edgell(2024)에 따르면, 심장재활 프로그램에서 여성은 남성보다 HRR 및 심폐체력 개선 폭이 작거나 불규칙하게 나타났으며, 이는 체성분, 호르몬 환경, 자율신경계 활성 차이 등 다양한 생리적 요인에 기인할 수 있다고 하였다. 이렇게 심박수 회복은 심폐지구력, 체성분 요인, 성별 등 다양한 요인에 의해 달라질 수 있다.

심박수는 웨어러블 기기를 통해 쉽게 측정할 수 있는 기본 건강 지표로 최근에는 제조사별 알고리즘

을 기반으로 심박수 회복(HRR)과 같은 고급 피트니스 지표까지 제공되고 있으나, HRR에 대한 과학적 데이터는 아직 충분히 확보되지 않은 상황이다(Petek et al., 2023). 따라서 HRR을 실제 건강관리 및 훈련 지표로 활용하기 위해서는 개인별 특성에 따른 심박수 회복 양상을 면밀히 파악하는 과정이 선행되어야 한다. 기존 연구들은 비슷한 연령, 운동선수, 환자 집단 등을 대상으로 심박수 회복 매커니즘을 살펴보았으며 성별을 나누어 나이, 최대산소섭취량, 신체 조성 지표 등이 심박수 회복에 어떤 영향을 미치는지 복합적으로 분석한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 일반 성인을 대상으로 신체 특성과 운동 중 발생하는 생리 반응 지표들을 연령대를 나누어 남녀 차이를 비교하고, 측정 요인들을 중심으로 심박수 회복(Heart Rate Recovery, HRR) 반응에 미치는 영향을 성별에 따라 분석함으로써 개인 맞춤형 트레이닝 전략 수립에 필요한 기초 자료를 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

연구 대상은 20~40대 비환자 집단으로 남성 133명, 여성 94명 총 227명으로 구성되었다. 20대 38명(16.7%), 30대 131명(57.7%), 40대 58명(25.6%)이며 연구 대상자의 특성은 <표 1>과 같다. 연구 대상자는 실험 참여 전 PAR-Q(Physical Activity

Readiness Questionnaire) 설문지를 통해 건강 상태를 자가 보고하였으며, 심혈관계, 호흡기계, 정형외과계 질환 또는 만성질환 이력이 있는 경우 대상에서 제외하였다. 실험 참여 동의서는 실험의 목적과 내용, 위험 가능성, 철회 권한 등을 충분히 설명한 후 서면으로 동의서를 작성 받았다.

표 1. 연구 대상자의 특성(Mean±SD)

Variables	남성(n=133)	여성(n=94)
Age(years)	35.19±6.70	34.17±6.25
Height(cm)	173.42±5.34	162.30±5.36
Weight(kg)	73.88±8.78	57.74±6.92
BMI(kg/m ²)	24.53±2.40	22.03±2.65

BMI: body mass index, SD: standard deviation

2. 측정 도구 및 자료 수집

본 연구는 연구 대상자의 신체 조성 지표와 심폐 지구력, 심박수 회복 반응을 측정하기 위해 신체 측정 평가와 최대운동부하검사(GXT)를 실시하였다.

신체 조성 요인 분석을 위해 생체전기저항분석법(Bioelectrical Impedance Analysis, BIA)을 기반으로 하는 InBody J30 이용하여 체성분을 측정하였다.

최대산소섭취량과 심박수 측정은 운동부하검사는 Bruce 프로토콜을 사용하여 확인하였다. Bruce 프로토콜은 3분마다 속도와 경사도가 점진적으로 증가하며, 심폐지구력 및 심장 기능 평가에 널리 사용되는 표준화된 검사이다(Bruce, Kusumi & Hosmer, 1973). 최대산소섭취량은 COSMED사 Quark CPET 시스템(COSMED, Rome, Italy)을 사용하여 운동부

하검사 중 실시간 가스 교환 분석을 통해 측정하였으며, 심박수는 polar H10 무선 심박계(Polar Electro, Finland)를 착용해 운동부하검사 중 실시간으로 측정하였다. 연구 대상자들은 모두 자발적으로 올아웃(all-out)될 때까지 진행한 후, 프로토콜에 포함된 3분 트레드밀 운동(2.7km/h, 0°)으로 동적 휴식을 통해 마무리 되었다.

신체 조성 지표는 모두 인바디에서 직접 산출해 준대로 사용하였다.

심박수 관련 데이터 처리는 다음과 같다. 안정시 심박수(Resting Heart Rate, RHR)는 Bruce 프로토콜 1단계 운동 시작 전 1분간 생체 데이터를 확인하는 시간에 측정된 심박수 값의 평균값이다. 평균심박수(Mean Heart Rate, HRmean)는 운동부하검사 전체에서 측정된 심박수의 평균값이다. 최대심박수(Maximum Heart Rate, HRmax)는 운동부하검사 전체에서 가장 높은 값을 사용하였다. 심박수 회복량은 운동 종료 후, 회복 운동 구간인 동적 휴식 3분 동안 1분 단위로 분석하여 3회 분석 하였으며, 회복률 공식은 다음과 같다.

심박수 회복률(HRRn)(%)=

$$\frac{[(\text{운동 종료 시점 심박수} - \text{운동 종료 } n\text{분 시점 심박수}) / (\text{운동 종료 시점 심박수} - \text{안정시 심박수})] \times 100}$$

운동 종료 후 심박수 회복의 절대치(absolute HRR, bpm)는 개인의 최대심박수, 운동 강도, 체력 수준에 따라 크게 달라져 집단 간 비교에 한계가 생길 수 있음을 고려하여 선행연구의 방식에 따라 심박수 회복률(%)을 산출하여 분석에 활용하였다(성봉주 외, 2024).

3. 자료 처리

모든 자료의 통계 처리는 IBM SPSS 23 프로그램을 사용하였다.

기술통계(descriptive statistic)를 통해, 평균과 표준 편차를 산출하였다. 데이터의 정규성(normality) 검정은 Shapiro-Wilk test를 사용하여 정규분포를 확인하였다. 성별에 따른 신체 조성 요인과 연령대 및 성별에 따른 운동 생리 지표(최대산소섭취량, 안정시 심박수, 평균 심박수, 최대심박수, 심박수 회복률) 차이를 검증하기 위해 독립표본 t-검정(independent samples t-test)을 실시하였다. 성별에 따른 심박수 회복률에 미치는 요인을 분석하기 위하여 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 실시하였으며, 다중공선성 확인을 위한 분산팽창계수(Variance Inflation Factor, VIF)는 모두 10 미만으로 나타났다.

모든 통계 결과의 유의 수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

III. 연구 결과

1. 남성그룹과 여성그룹의 신체조성의 차이

연구 대상자의 체성분 요인에 대한 결과는 <표 2>와 같다.

체중(Weight), 체지방량(Fat-Free Mass), 골격근량(Skeletal Muscle Mass), 체질량지수(BMI), 허리-엉덩이 비율(Waist-Hip Ratio)은 남성이 여성보다 유의하게 높았다($p < .001$). 체지방률(Body Fat

Percentage)은 여성이 남성보다 유의하게 높았으며($p < .001$), 체지방량(Fat Mass)은 유의한 성별 차이가 나타나지 않았다.

표 2. 성별에 따른 신체조성

Variables	남성(n=133)	여성(n=94)	t	p
W(kg)	73.88±8.79	57.74±6.91	14.853	.000***
FM(kg)	14.12±5.62	15.31±4.65	-1.682	.094
FFM(kg)	59.76±6.04	42.44±4.16	25.584	.000***
SMM(kg)	33.78±3.78	23.11±2.51	25.550	.000***
BFP(%)	18.70±5.88	26.11±5.77	-9.439	.000***
BMI	24.53±2.40	22.03±2.65	7.417	.000***
WHR(%)	0.83±0.05	0.80±0.04	3.829	.000***

*** $p < .001$

W: Weight, FM: Fat Mass, FFM: Fat-Free Mass,

SMM: Skeletal Muscle Mass,

BFP: Body Fat Percentage,

WHR: Waist-Hip Ratio

2. 운동부하검사 후 성별 연령대에 따른 운동 생리 지표 차이 분석

운동부하검사를 통해 측정된 운동 생리 반응 지표들을 연령대 별로 나누어 살펴본 결과는 다음과 같다.

20대 그룹에서 남성이 여성보다 최대산소섭취량(VO_{2max})이 유의하게 높았다($p < .001$). 심박수 회복률(bpm)과 심박수 회복률(HRR%)은 모두 여성이 유의하게 높았다($p < .05$). 안정시 심박수(RHR), 평균 심박수(HRMean), 최대심박수(HRMax)는 성별 간의 유의한 차이가 없었다(표 3).

표 3. 성별에 따른 20대의 운동 생리 지표

Variables	남성(n=22)	여성(n=16)	t	p
VO ₂ max	53.36±5.68	43.19±4.22	6.050	.000***
RHR	89.32±11.14	85.56±15.21	.880	.385
HRMean	149.05±12.53	145.00±12.68	.978	.335
HRMax	190.00±11.31	183.75±9.84	1.774	.085
HRR1	20.64±5.44	25.50±6.12	-2.582	.014*
HRR1%	20.60±5.07	26.02±5.86	-3.050	.004**
HRR2	44.14±8.73	50.44±8.67	-2.204	.034*
HRR2%	44.04±8.08	51.48±7.30	-2.918	.006**
HRR3	55.18±9.90	62.50±8.59	-2.375	.023*
HRR3%	55.11±9.40	63.84±6.37	-3.212	.003**

*p<.05, **p<.01, ***p<.001
 RHR: Resting Heart Rate
 HR: Heart Rate(bpm)
 HRR: Heart Rate Recovery(bpm)
 HRR%: Heart Rate Recovery%

30대 그룹은 남성이 여성보다 최대산소섭취량(VO₂max)이 유의하게 높았다(p<.001). 평균심박수(HRMean), 최대심박수(HRMax)도 남성이 여성보다 유의하게 높았다(p<.01, p<.001). 심박수 회복률(HRR%)은 3동안의 모든 시점에서 여성이 유의하게 높았다(p<.05, p<.001, p<.05). 심박수 회복량(bpm)은 모두 여성 그룹이 높았지만, 2분 시점만 유의한 차이가 나타났다(p<.05). 안정시 심박수(RHR)는 성별 간의 유의한 차이가 없었다(표 4).

40대 그룹에서는 남성이 여성보다 최대산소섭취량(VO₂max)이 유의하게 높았다(p<.001). 안정시 심박수(RHR), 평균심박수(HRMean), 최대심박수(HRMax), 모든 심박수 회복량(bpm)과 심박수 회복률(HRR%)은 성별 간의 유의한 차이가 나타나지 않았다(표 5).

표 4. 성별에 따른 30대의 운동 생리 지표

Variables	남성(n=74)	여성(n=57)	t	p
VO ₂ max	51.72±6.95	42.86±5.66	7.829	.000***
RHR	82.57±13.73	80.93±9.17	.817	.416
HRMean	143.16±10.98	138.16±8.59	2.837	.005**
HRMax	184.14±9.15	179.30±7.03	3.307	.001***
HRR1	23.23±5.77	25.56±7.37	-1.773	.079
HRR1%	23.30±5.66	26.15±7.64	-2.360	.020*
HRR2	48.70±8.97	52.56±9.66	-2.360	.020*
HRR2%	48.29±8.71	53.89±10.32	-3.365	.001***
HRR3	61.23±9.05	63.58±9.82	-1.419	.158
HRR3%	60.76±9.09	65.12±10.26	-2.571	.011*

*p<.05, **p<.01, ***p<.001
 RHR: Resting Heart Rate
 HR: Heart Rate(bpm)
 HRR: Heart Rate Recovery(bpm)
 HRR%: Heart Rate Recovery%

표 5. 성별에 따른 40대의 운동 생리 지표

Variables	남성(n=37)	여성(n=21)	t	p
VO ₂ max	50.32±8.23	42.19±7.05	3.804	.000***
RHR	80.73±12.70	79.33±8.45	.501	.618
HRMean	140.46±9.24	139.14±8.68	.533	.596
HRMax	179.08±10.15	176.48±7.12	.286	.304
HRR1	23.03±7.40	24.86±8.04	-.877	.384
HRR1%	23.50±6.84	25.53±6.92	-1.078	.286
HRR2	48.19±11.06	49.86±10.46	-.563	.576
HRR2%	49.19±9.55	51.52±9.42	-.899	.372
HRR3	60.57±10.82	61.29±10.17	-.248	.805
HRR3%	61.90±9.22	63.35±8.34	-.595	.554

*p<.05, **p<.01, ***p<.001
 RHR: Resting Heart Rate
 HR: Heart Rate(bpm)
 HRR: Heart Rate Recovery(bpm)
 HRR%: Heart Rate Recovery%

표 6. 남성그룹의 신체 특성과 운동 생리 지표가 심박수 회복률에 미치는 영향

Variables	B	SEE	β	t	p	partial correlation r	Tolerance	VIF
HRR1%								
Age	.165	.080	.185	2.057	.042*	.164	.788	1.270
Weight(kg)	-.121	.114	-.178	-1.057	.292	-.084	.225	4.436
BMI	.462	.479	.186	.966	.336	.077	.172	5.811
BFP(%)	-.108	.138	-.107	-.787	.433	-.063	.346	2.893
VO ₂ MAX	.151	.095	.180	1.590	.114	.127	.494	2.026
RHR	.218	.052	.484	4.148	.000***	.331	.467	2.141
HRMEAN	-.383	.092	-.711	-4.189	.000***	-.334	.221	4.530
HRMAX	.187	.088	.325	2.126	.035*	.170	.272	3.679
R=.460, R ² =.212, SEE=5.4712, F=4.159, p =.000***, Durbin-Watson=1.780								
HRR2%								
Age	.309	.111	.231	2.773	.006**	.205	.788	1.270
Weight(kg)	-.253	.159	-.248	-1.590	.114	-.118	.225	4.436
BMI	.975	.666	.261	1.464	.146	.108	.172	5.811
BFP(%)	-.286	.192	-.187	-1.489	.139	-.110	.346	2.893
VO ₂ MAX	.316	.132	.252	2.397	.018*	.177	.494	2.026
RHR	.359	.073	.533	4.921	.000***	.364	.467	2.141
HRMEAN	-.500	.127	-.619	-3.927	.000***	-.291	.221	4.530
HRMAX	.096	.123	.111	.785	.434	.058	.272	3.679
R=.566, R ² =.321, SEE=7.6141, F=7.325, p =.000***, Durbin-Watson=1.953								
HRR3%								
Age	.366	.113	.261	3.252	.001***	.232	.788	1.270
Weight(kg)	-.197	.160	-.184	-1.228	.222	-.087	.225	4.436
BMI	.942	.672	.241	1.402	.163	.100	.172	5.811
BFP(%)	-.184	.194	-.115	-.953	.343	-.068	.346	2.893
VO ₂ MAX	.440	.133	.335	3.306	.001***	.235	.494	2.026
RHR	.441	.074	.624	5.897	.000***	.426	.467	2.141
HRMEAN	-.470	.129	-.555	-3.660	.000***	-.261	.221	4.530
HRMAX	.015	.124	-.017	-.125	-.125	-.009	.272	3.679
R=.609, R ² =.371, SEE=7.6852, F=8.972, p =.000***, Durbin-Watson=1.974								

* p <.05, ** p <.01, *** p <.001

BFP: Body Fat Percentage

3. 성별에 따른 신체 특성과 운동 생리 지표가 심박수 회복률에 미치는 영향

연구 대상자를 성별로 나누어 만 나이, 체성분 요인 중 체중(Weight)과 체질량지수(BMI)와 체지방률(Body Fat Percentage), 운동부하검사 중 측정된 운동 생리 지표인 최대산소섭취량(VO_2max), 안정시 심박수(RHR), 평균심박수(HRmean), 최대심박수(HRmax)가 심박수 회복률에(HRR%)에 어떤 영향을 미치는지 다중선형회귀분석(multiple regression analysis)을 통해 확인하였다.

남성그룹의 HRR1%에 유의한 영향을 미치는 요인으로 만 나이가 높을수록(partial $r=.164$, $p<.05$), 안정시 심박수가 높을수록(partial $r=.331$, $p<.001$), 평균심박수는 낮을수록(partial $r=-.334$, $p<.001$), 최대심박수는 높을수록(partial $r=.170$, $p<.05$), HRR1%은 높아진다. 체중, 체질량지수, 체지방률, 최대산소섭취량은 영향을 미치지 않았으며 모형의 총 설명력은 21.2%였다($R^2=.212$, $F=4.159$, $p<.001$).

HRR2%모형의 총 설명력은 32.1%였다($R^2=.321$, $F=7.325$, $p<.001$). 만 나이가 높을수록(partial $r=.205$, $p<.05$), 최대산소섭취량은 높을수록(partial $r=.177$, $p<.05$), 안정시 심박수가 높을수록(partial $r=.364$, $p<.001$), 평균심박수는 낮을수록(partial $r=-.291$, $p<.001$) HRR2%는 높아진다. 체중, 체질량지수, 체지방률, 최대심박수는 유의한 영향을 미치지 않았다.

HRR3%는 만 나이가 높을수록(partial $r=.232$, $p<.001$), 최대산소섭취량이 높을수록(partial r

$=.235$, $p<.001$), 안정시 심박수가 높을수록(partial $r=.426$, $p<.001$), 평균심박수(partial $r=-.261$, $p<.001$)는 낮을수록 높아진다. 체중, 체질량지수, 체지방률, 최대 심박수는 유의한 영향을 미치지 않았다. 총 설명력은 37.1%($R^2=.371$, $F=8.972$, $p<.001$)였다(표 6).

여성그룹의 HRR1% 모형의 총 설명력은 23.1%였다($R^2=.231$, $F=3.157$, $p<.01$). 유의한 영향을 미치는 요인은 평균심박수였으며 낮을수록(partial $r=-.375$, $p<.001$) HRR1%은 높아진다. 만 나이, 체중, 체질량지수, 체지방률, 최대산소섭취량, 안정시 심박수, 최대심박수는 유의한 영향을 미치지 않았다.

HRR2% 모형의 총 설명력은 22.4%였다($R^2=.224$, $F=8.8929$, $p<.01$). 안정시 심박수가 높을수록(partial $r=.268$, $p<.01$), 평균심박수는 낮을수록(partial $r=-.338$, $p<.001$) HRR2%는 높아진다. 만 나이, 체중, 체질량지수, 체지방률, 최대산소섭취량, 최대심박수는 유의한 영향을 미치지 않았다.

HRR3%에 유의한 영향을 미치는 요인으로는 안정시 심박수는 높을수록(partial $r=.288$, $p<.01$), 평균심박수는 낮을수록(partial $r=-.277$, $p<.01$) 높아진다. 만 나이, 체중, 체질량지수, 체지방률, 최대산소섭취량, 최대심박수는 유의한 영향을 미치지 않았다. 총 설명력은 19.7%였다($R^2=.197$, $F=2.614$, $p<.05$)(표 7).

표 7. 여성그룹의 신체 특성과 운동 생리 지표가 심박수 회복률에 미치는 영향

Variables	B	SEE	β	t	p	partial correlation r	Tolerance	VIF
HRR1%								
Age	-.072	.117	-.063	-.616	.540	-.059	.863	1.158
Weight(kg)	-.064	.159	-.062	-.401	.689	-.038	.382	2.616
BMI	.191	.463	.071	.412	.681	.039	.305	3.274
BFP(%)	-.144	.190	-.116	-.756	.452	-.072	.383	2.609
VO ₂ MAX	-.070	.161	-.057	-.438	.663	-.042	.541	1.849
RHR	.105	.087	.152	1.197	.234	.114	.564	1.772
HRMEAN	-.453	.115	-.611	-3.939	.000***	-.375	.376	2.658
HRMAX	.106	.134	.116	.788	.433	.075	.416	2.403
R=.481 R ² =.231, SEE=6.5509, F=3.157, p =.003**, Durbin-Watson=2.103								
HRR2%								
Age	-.099	.159	-.064	-.622	.535	-.059	.863	1.158
Weight(kg)	.080	.216	.057	.369	.713	.035	.382	2.616
BMI	-.023	.629	-.006	-.037	.971	-.003	.305	3.274
BFP(%)	-.060	.258	-.036	-.231	.818	-.022	.383	2.609
VO ₂ MAX	.182	.219	.108	.835	.406	.080	.541	1.849
RHR	.332	.118	.357	2.804	.006**	.268	.564	1.772
HRMEAN	-.552	.156	-.551	-3.536	.001***	-.338	.376	2.658
HRMAX	-.095	.182	-.077	-.523	.603	-.050	.416	2.403
R=.474, R ² =.224, SEE=8.8929, F=3.072, p =.004**, Durbin-Watson=2.099								
HRR3%								
Age	-.067	.155	-.045	-.433	.666	-.042	.863	1.158
Weight(kg)	.225	.210	.168	1.070	.288	.104	.382	2.616
BMI	-.166	.613	-.048	-.271	.787	-.026	.305	3.274
BFP(%)	-.213	.252	-.133	-.845	.400	-.082	.383	2.609
VO ₂ MAX	.087	.213	.054	.411	.682	.040	.541	1.849
RHR	.342	.115	.383	2.960	.004**	.288	.564	1.772
HRMEAN	-.434	.152	-.452	-2.854	.005**	-.277	.376	2.658
HRMAX	-.137	.178	-.116	-.770	.443	-.075	.416	2.403
R=.444, R ² =.197, SEE=8.6627, F=2.614, p =.013*, Durbin-Watson=2.121								

* p <.05, ** p <.01, *** p <.001

BFP:Body Fat Percentage

IV. 논 의

본 연구는 일반 성인을 대상으로 인바디 및 운동 부하검사를 통해 측정된 신체 조성 지표와 운동 생리 반응 지표들을 연령대 별로 성별을 나누어 확인하였다. 또한 심박수 회복 반응에 어떤 요인이 영향을 미치는지 성별을 나누어 비교 분석하였다. 측정된 요인들의 성별 차이는 연령대에 따라 다르게 나타났으며, 심박수 회복률(HRR%)에 영향을 미치는 요인은 성별에 따라 상이하게 나타났다.

1. 남성과 여성의 연령대에 따른 운동 생리 지표 차이

운동부하검사(GXT)를 통해 측정된 요인 중 최대 산소섭취량(VO_2max)과 심박수(HR)를 중심으로 연령대 마다 성별간의 차이는 어떠한지 살펴본 결과는 다음과 같다.

20대는 남성이 여성보다 최대산소섭취량(VO_2max)이 유의하게 높았고, 여성이 남성보다 심박수 회복률(HRR%)이 모두 유의하게 높게 나타났다. 30대에서는 남성이 여성보다 최대산소섭취량(VO_2max)뿐만 아니라 평균심박수(HRMean), 최대심박수(HRMax)에서도 유의하게 높은 값을 보였으며, 심박수 회복률(HRR%)은 여성이 유의하게 더 높았다. 반면, 40대는 남성이 여성보다 최대산소섭취량(VO_2max)이 유의하게 높았으나, 심박수 관련 지표들에서는 성별 간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

모든 연령대에서 공통적으로 남성이 여성보다 심

폐지구력을 반영하는 최대산소섭취량이 유의하게 높게 나타났다. Mendonca, Matos & Correia(2020)는 레크레이션 러너를 대상으로, 모두 초기 난포기에 검사를 받은 여성과 남성의 운동 생리학적 지표를 측정하고 최대산소섭취량은 남성이 더 높았고, 러닝 이코노미는 여성이 더 높았다고 보고하였다. 이러한 선행연구 결과는 본 연구의 결과를 지지하며, 단순히 성별 간의 생리 반응 지표의 수치 차이뿐만 아니라, 생리학적 특성이 서로 다른 방식으로 운동 수행에 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. 이는 실제 트레이닝에 적용 가능한 중요한 요소임을 의미한다.

Santisteban, Lovering, Halliwill & Minson (2022) 역시 여성의 신체적 특성과 에너지 대사 특성을 고려하여, 훈련 및 영양 섭취 전략을 성별에 따라 차별화할 필요성을 강조하였다.

또한, 20대와 30대에서는 공통적으로 여성의 심박수 회복 반응이 남성보다 유의하게 높게 나타났다. Moodithaya & Avadhany(2012)는 에스트로겐을 비롯한 여성호르몬이 자율신경계, 특히 부교감신경 활성을 촉진한다고 보고하였으며, da Fonseca, Gomes da Cruz, Soares, Garcia, Porto & Molina(2024)은 운동 후 심박수 회복 속도가 단순한 심장 반응이 아니라 자율신경 조절력, 특히 부교감신경 활성화와 밀접하게 관련되어 있으며, HRR 해석 시 성별 구분이 필수적이라고 강조하였다. 이러한 연구들을 종합하면, 단순한 HRR 수치의 차이뿐만 아니라, 남성과 여성의 심박수 회복 반응에는 서로 다른 생리적 매커니즘이 작용하고 있을 가능성이 크며, 향후 심박수 데이터 분석시 성별 차이를 반드시 고려해야 함을 시사

한다. 나이가 운동 중뿐만 아니라 일상생활에서도 심박수 추이를 지속적으로 측정함으로써, 성별 간 생리 반응의 기전 차이를 파악하고, 이를 건강관리에 반영하여 해석하고 활용할 필요가 있다.

한편, 40대에서는 심박수 회복률의 성별 간 유의한 차이가 나타나지 않았다. 장석암과 김찬양(2017)은 40대를 대상으로 실시한 최대하 운동 후 심박수 분석에서 남녀 평균값이 거의 유사하게 나타났다고 보고하였으며, 이는 본 연구 결과와도 일부 일치한다. Pataky, Young & Nair(2021)는 테스토스테론(testosterone), 성장호르몬(GH), 인슐린 유사 성장인자(IGF-1), DHEA-S 등의 주요 호르몬이 30대 이후부터 점차 감소한다고 밝혔으며, 이에 따라 성별 간의 생리적 반응 차이 역시 연령이 증가함에 따라 점차 줄어들 수 있다. 이러한 맥락에서 볼 때, 40대 이상의 연령대에서는 성별 차이가 상대적으로 감소하는 경향을 보일 가능성이 있다.

본 연구에서는 훈련 수준, 신체 활동량, 직업 활동량, 수면, 식습관 등 다양한 생활습관 요인을 통제하지 못하였다. 향후 연구에서는 이와 같은 변수들을 포함하여, 심박수 회복 반응을 연령대별로 더욱 세분화하고, 성별 간 차이를 종합적으로 분석할 필요가 있다.

2. 성별에 따른 신체 특성과 운동 생리 지표가 심박수 회복률에 미치는 영향

남성 그룹의 경우, HRR1%는 만 나이, 안정시 심박수, 최대심박수는 높을수록 그리고 평균심박수가 낮을수록 HRR1%가 높아지는 경향을 보였다.

HRR2%에서는 만 나이, 최대산소섭취량, 안정시 심박수가 높을수록, 평균심박수는 낮을수록 회복률이 높아졌으며, HRR3%도 HRR2%와 유사한 경향을 나타냈다. 여성 그룹의 경우, HRR1%는 평균 심박수가 낮을수록 높아졌으며, HRR2%에서는 안정시 심박수가 높을수록, 평균심박수는 낮을수록 심박수 회복률이 증가하는 경향을 보였다. HRR3% 또한 HRR2%와 동일한 영향을 받았다.

설명력 측면에서 살펴보면, 남성은 HRR3% 모형의 설명력이 가장 높았으며, 여성은 HRR1%에서 가장 높은 설명력을 보였다. 이는 선행연구의 결과와 비슷한 경향의 결과로 해석할 수 있다. Mongin, Chabert, Courvoisier, Garcia-Romero & Alvero-Cruz (2023)는 심박수 회복(HRR)과 심폐지구력간의 상관성을 분석한 결과, 남성은 운동 종료 3분 시점, 여성은 2분 시점에서 가장 높은 상관관계를 보여 회복 반응에서 성별 차이가 나타날 수 있음을 시사하였다. 이를 토대로 운동 종료 후 여성이 남성보다 더 빠른 시점에 부교감신경이 활성화 된다고 볼 수 있다. 따라서, 웨어러블 디바이스를 활용한 트레이닝 피드백 및 체력 평가에서도 HRR 측정 시점을 성별에 따라 차별화할 필요가 있다.

또한, 남성의 경우 모든 심박수 회복률에 만 나이가 영향을 미치는 유의한 요인으로 나타났으나, 여성은 어느 시점에서든 만 나이가 유의한 영향을 미치지 않았다. 이는 회복 반응에서 성별에 따른 연령 민감도의 차이가 존재할 수 있음을 시사한다. Zubac, Goswami, Ivančev, Valić & Šimunič (2021)은 심박수 회복의 유일한 예측 요인은 나이라고 보고하였

으며, 이는 성별과 관계없이 나이에 따라 회복 수준이 감소하거나, 훈련 정도에 따라 달라 질수 있음을 제시하였다. 그러나 본 연구에서는 남성의 경우 나이가 많을수록 오히려 회복률이 높아지는 경향이 나타나 선행연구와 상반된 결과가 확인되었다. 이는 나이 외에도 훈련 정도, 생활습관, 호르몬 변화 등 다양한 변수들이 심박수 회복에 영향을 줄 수 있음을 시사하며, 향후 이러한 요인들을 통제한 추가 연구가 필요하다.

Jezdimirovic, Semeredi, Stajer, Calleja-Gonzalez & Ostojic(2017)의 연구에서는 운동 후 심박수로 평가한 자율신경 조절이 정상 체중 및 비만 남녀에서 체지방률과 유의한 관련이 없는 것으로 나타나 본 연구 결과를 지지해 주고 있다. 이와 반대로 Zamodics et al.(2025)은 16세 전후의 엘리트 여성 수구 선수들을 대상으로 한 연구에서 체지방률과 내장지방이 심박수 회복의 유의한 예측 인자로 나타났다고 보고하였다. Amato, Petrigna, Sortino & Musumeci(2024) 역시 20대 성인을 대상으로 한 연구에서 체지방률과 내장지방이 모두 운동 후 심박수 회복 속도를 유의하게 예측한다고 보고하여 HRR에 영향을 미친 예측 요인이 본 연구와 상이하다. 본 연구의 대상자는 일반 성인 남녀, 20~40대 성인으로, 이는 대상자의 연령, 체력 수준, 신체 특성 등에 따라 HRR의 결정 요인이 달라질 수 있음을 시사한다. 또한 선행 연구는 내장지방(visceral fat)을 포함한 지표를 함께 분석하였으나, 본 연구에서는 이를 구체적으로 구분하지 않고 전신 체지방률을 활용하였기 때문에, 지방의 분포 특성 차이를 반영하지 못했을 가

능성도 있다.

결과적으로, HRR은 단독 지표로 체력을 정확하게 예측하는 데에는 한계가 있으나, 건강 모니터링 지표로서 유의미하게 활용 될 수 있으며, 표준화된 측정 프로토콜과 훈련 프로그램 구성에 중요한 기초 자료가 될 수 있다(Römer & Wolfarth, 2022). 회복 심박수는 웨어러블 디바이스를 통해 수집 가능한 핵심 생체 데이터 중 하나로 나이, 성별, 신체 조성, 운동 수행 능력뿐만 아니라 다양한 생리적, 생활 습관적 변인들과 함께 해석되어야 하며, 이에 기반한 개인 맞춤형 평가 기준의 수립이 필요하다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 20~40대의 일반인을 대상으로 신체 조성 측정과 운동부하검사를 통해 신체 특성과 운동 중 발생하는 생리 반응 요인들이 심박수 회복(Heart Rate Recovery, HRR)에 미치는 영향을 분석함으로써 다음과 같은 결과를 확인하였다.

첫째, 20대와 30대에서는 여성의 심박수 회복률이 남성보다 유의하게 높게 나타났으며, 40대에서는 성별 간 심박수 회복률 차이가 나타나지 않았다.

둘째, 남성은 모든 연령대에서 만 나이, 안정시 심박수, 평균 심박수가 HRR%에 영향을 미쳤고 HRR1%는 최대심박수, HRR2%부터는 최대산소섭취량이 추가적으로 영향력을 보였다. 반면, 여성은 안정시 심박수와 평균 심박수와 같은 운동 중 심박 반응만

HRR%에 영향을 미치는 요인으로 나타났다.

이러한 연구 결과는 연령대에 따른 심박수 회복 반응의 성별 차이와 심박수 회복에 영향을 미치는 요인들의 성별 차이를 규명하였다는 점에서 의의가 있다. 본 연구 결과는 심박수 회복 해석 시 성별에 따른 분석 기준의 차별화가 필요함을 시사하며, 웨어러블 디바이스를 활용한 개인 맞춤형 건강관리 체계 구성에 기초 자료를 제공한다. 후속 연구에서는 연령대

및 성별에 따른 운동 수행 중 나타나는 생리적 변인 뿐만 아니라, 일상생활에서 감지되는 신체 활동 데이터와 함께 다양한 생활 습관 요인을 통합적으로 분석함으로써, 각 요인들이 상호 간에 미치는 영향력과 작용 매커니즘을 보다 정밀하게 규명할 필요가 있다. 이를 통해 더욱 과학적이고 개별화된 건강관리 데이터 기반 마련이 가능할 것으로 기대된다.

참고문헌

- 신세영, 김원중, 진승모(2019). 신체질량지수에 따른 20 대 남, 여의 운동부하 검사 후 심박수 회복률과 맥파속도 비교. **한국웰니스학회지**, **14**(4), 393-401.
- 임소정, 성봉주, 박노환(2024). 남자 운동선수들의 최대운동부하검사에 따른 심박수 회복률 비교. **코칭능력개발지**, **26**(5), 237-246.
- 장석암, 김찬양(2017). 최대 하 운동 후 40 대 남녀의 얼굴 수분, 유분, pH, 탄력도, 경피 수분 증발량, 멜라닌과 홍반 수준 차이. **한국웰니스학회지**, **12**(2), 445-457.
- Amato, A., Petrigna, L., Sortino, M., & Musumeci, G. (2024). Visceral Fat Affects Heart Rate Recovery but Not the Heart Rate Response Post-Single Bout of Vigorous Exercise: A Cross-Sectional Study in Non-Obese and Healthy Participants. *Sports*, **12**(12), 323.
- A'Naja, M. N., Batrakoulis, A., Camhi, S. M., McAvoy, C., Sansone, J. S., & Reed, R. (2024). 2025 ACSM worldwide fitness trends: future directions of the health and fitness industry. *ACSM's Health & Fitness Journal*, **28**(6), 11-25.
- Boby, F. A., Katanic, B., Citozi, R., Govindasamy, K., & Geantă, V. A. (2025). Association Between Body Composition Metrics and Heart Rate Recovery in Female Cricketers: A Cross-Sectional Study. *Sport Mont*, **23**(2), 121-127.
- Bouakkar, J., Pereira, T. J., Johnston, H., Pakosh, M., Drake, J. D. M., & Edgell, H. (2024). Sex differences in the physiological responses to cardiac rehabilitation: a systematic review. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, **16**(1), 74.
- Bruce, R., Kusumi, F., & Hosmer, D. (1973). Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *American heart journal*, **85**(4), 546-562
- Carrier, B., Marten Chaves, S., & Navalta, J. W. (2025). Validation of Aerobic Capacity (VO2max) and Pulse Oximetry in Wearable Technology. *Sensors*, **25**(1), 275.
- Cole, C. R., Blackstone, E. H., Pashkow, F. J., Snader, C. E., & Lauer, M. S. (1999). Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *New England journal of medicine*, **341**(18),

- 1351–1357.
- da Fonseca, R. X., Gomes da Cruz, C. J., Soares, E. D. M. K. V. K., Garcia, G. L., Porto, L. G. G., & Molina, G. E. (2024). Post-exercise heart rate recovery and its speed are associated with resting-reactivity cardiovagal modulation in healthy women. *Scientific reports*, *14*(1), 5526.
- Duking, P., Giessing, L., Frenkel, M. O., Koehler, K., Holmberg, H. C., & Sperlich, B. (2020). Wrist-worn wearables for monitoring heart rate and energy expenditure while sitting or performing light-to-vigorous physical activity: validation study. *JMIR mHealth and uHealth*, *8*(5), e16716.
- Hughes, A., Shandhi, M. M. H., Master, H., Dunn, J., & Brittain, E. (2023). Wearable devices in cardiovascular medicine. *Circulation research*, *132*(5), 652–670.
- Jezdimirovic, T., Semeredi, S., Stajer, V., Calleja-Gonzalez, J., & Ostojic, S. M. (2017). Correlation between body fat and post-exercise heart rate in healthy men and women. *Science & Sports*, *32*(6), 364–368.
- Jung, M. H., Namkoong, K., Lee, Y., Koh, Y. J., Eom, K., Jang, H., ... & Park, J. (2021). Wrist-wearable bioelectrical impedance analyzer with miniature electrodes for daily obesity management. *scientific reports*, *11*(1), 1238.
- V. Mendonca, G., Matos, P., & Correia, J. M. (2020). Running economy in recreational male and female runners with similar levels of cardiovascular fitness. *Journal of Applied Physiology*, *129*(3), 508–515.
- Miao, G., Yan, Q., Zhu, H., & Li, F. (2024). Study on heart rate recovery index to predict maximum oxygen uptake in healthy adults aged 30 to 60 years old. *Frontiers in Physiology*, *15*, 1437962.
- Moodithaya, S., & Avadhany, S. T. (2012). Gender differences in age-related changes in cardiac autonomic nervous function. *Journal of aging research*, *2012*(1), 679345.
- Mongin, D., Chabert, C., Courvoisier, D. S., Garcia-Romero, J., & Alvero-Cruz, J. R. (2023). Heart rate recovery to assess fitness: comparison of different calculation methods in a large cross-sectional study. *Research in Sports Medicine*, *31*(2), 157–170.
- Pataky, M. W., Young, W. F., & Nair, K. S. (2021, March). Hormonal and metabolic changes of aging and the influence of lifestyle modifications. In *Mayo Clinic Proceedings* (Vol. 96, No. 3, pp. 788–814). Elsevier.

- Pe anha, T., Silva-J nior, N. D., & Forjaz, C. L. D. M. (2014). Heart rate recovery: autonomic determinants, methods of assessment and association with mortality and cardiovascular diseases. *Clinical physiology and functional imaging*, *34*(5), 327–339.
- Petek, B. J., Al-Alusi, M. A., Moulson, N., Grant, A. J., Besson, C., Guseh, J. S., ... & Baggish, A. L. (2023). Consumer wearable health and fitness technology in cardiovascular medicine: JACC state-of-the-art review. *Journal of the American College of Cardiology*, *82*(3), 245–264.
- Pierpont, G. L., Adabag, S., & Yannopoulos, D. (2013). Pathophysiology of exercise heart rate recovery: a comprehensive analysis. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, *18*(2), 107–117.
- R mer, C., & Wolfarth, B. (2022). Heart Rate Recovery (HRR) is not a singular predictor for physical fitness. *International journal of environmental research and public health*, *20*(1), 792.
- Santisteban, K. J., Lovering, A. T., Halliwill, J. R., & Minson, C. T. (2022). Sex differences in VO₂max and the impact on endurance-exercise performance. *International journal of environmental research and public health*, *19*(9), 4946.
- Zamodics, M., Babity, M., Schay, G., Leel-Ossy, T., Bucsko-Varga, A., Kulcsar, P., ... & Kiss, O. (2025). Correlations Between Body Composition and Aerobic Fitness in Elite Female Youth Water Polo Players. *Sports*, *13*(2), 51.
- Zubac, D., Goswami, N., Ivančev, V., Valić, Z., & Šimunič, B. (2021). Independent influence of age on heart rate recovery after flywheel exercise in trained men and women. *Scientific reports*, *11*(1), 12011.

Analysis of Sex Differences in Factors Affecting Heart Rate Recovery After Graded Exercise Test

Sungeun Shin(Dongguk University, Doctor's Student) · Jinwook Chung(Dongguk University, Professor)

ABSTRACT

This study aimed to analyze sex differences in heart rate recovery(HRR%) across age groups and to identify sex-specific factors influencing HRR% in adults aged 20 to 40 years. A graded exercise test(GXT) was performed, and HRR% was measured at 1, 2, and 3 minutes post-exercise. HRR% is defined as the percentage representing how quickly heart rate returns toward resting values after exercise, calculated as the proportion of heart rate reduction from exercise termination to each recovery time point(1, 2, and 3 minutes) relative to the distance that must be recovered to reach resting heart rate. The study included 133 men and 94 women. Body composition was assessed using the InBody J30, and all participants performed the Bruce protocol until voluntary exhaustion. Statistical analyses were conducted using SPSS 23, including descriptive statistics, normality testing(Shapiro-Wilk test), independent t-tests, and multiple regression analyses, with the significance level set at $p < .05$. Across all age groups in their 20s, 30s, and 40s, men(51.60 ± 7.16) had significantly higher maximal oxygen uptake than women(42.77 ± 5.74 , $p < .001$). Women in their 20s and 30s showed significantly higher heart rate recovery(HRR%) than men($p < .05$), while no sex differences in HRR% were observed in the 40s. In men, HRR1% tended to increase with age(partial $r = .164$, $p < .05$), resting heart rate(partial $r = .331$, $p < .001$), and maximal heart rate(partial $r = .170$, $p < .05$), and decrease with mean heart rate(partial $r = -.334$, $p < .001$). HRR2% increased with age(partial $r = .205$, $p < .01$), maximal oxygen uptake(partial $r = .177$, $p < .05$), and resting heart rate(partial $r = .364$, $p < .001$), and decreased with mean heart rate(partial $r = -.291$, $p < .001$). HRR3% increased with age(partial $r = .232$, $p < .001$), maximal oxygen uptake(partial $r = .235$, $p < .001$), and resting heart rate(partial $r = .426$, $p < .001$), and decreased with mean heart rate(partial $r = -.261$, $p < .001$). In women, HRR1% tended to increase as mean heart rate decreased(partial $r = -.375$, $p < .001$). HRR2% increased with resting heart rate(partial $r = .268$, $p < .01$) and decreased with mean heart rate(partial $r = -.338$, $p < .001$), while HRR3% increased with resting heart rate(partial $r = .288$, $p < .01$) and decreased with mean heart rate(partial $r = -.277$, $p < .01$). These findings suggest that sex-specific interpretations are necessary when

analyzing HRR%, and highlight the need for future studies to investigate the underlying mechanisms of HRR responses by incorporating physiological data from daily activities as well as during exercise.

Key words: sex differences, heart rate recovery, maximal oxygen uptake, wearable devices

논문 접수일 : 2025. 08. 18

논문 승인일 : 2025. 09. 19

논문 게재일 : 2025. 09. 30