

# 건강한 대상자에게 허혈성 전처치와 햄스트링 스트레칭, 복합적용이 운동능력에 미치는 즉각적인 효과비교

<https://doi.org/10.32337/KACPT.2023.11.1.27>

대한심장호흡물리치료학회지 제11권 제1호 2023.06. PP.27-32

■ 김영준<sup>1</sup>, 최민철<sup>1</sup>, 이동엽<sup>1</sup>, 홍지현<sup>1</sup>, 유재호<sup>1</sup>, 김성길<sup>1</sup>, 김진섭<sup>1\*</sup>

■<sup>1</sup> 선문대학교 물리치료학과

## Comparison of Immediate Effects of Ischemic Preconditioning, Hamstrings Stretching, and Complex Approach on Exercise Capacity in Healthy Subjects

Young-June Kim Student<sup>1</sup>, Min-Cheol Choi Student<sup>1</sup>, Dong-Yeop Kim PT, PhD<sup>1</sup>, Ji-Heon Hong PT, PhD<sup>1</sup>, Jae-Ho Yu PT, PhD<sup>1</sup>, Seong-Gil Kim PT, PhD<sup>1</sup>, Jin-Seop Kim PT, PhD<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Sun Moon University

**Purpose:** This study aimed to examine the effects of ischemic preconditioning (IPC), hamstring stretching, and complex approach on exercise ability and to identify the impact on the ability to recover after exercise. **Methods:** A total of 20 healthy adult males were included in this study. All subjects performed different interventions before exercise (nothing applied [CON], IPC, hamstring stretching, and IPC + hamstring stretching [Complex]), followed by cycling exercise, with a 5-min rest after exercise. Heart rate (HR), rate of perceived exertion (RPE), and oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>) were measured during exercise and 5 min after exercise. Systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP) was measured before exercise, immediately after exercise, and 5 min after exercise. Data analysis was performed using one-way repeated measures analysis of variance. **Results:** Exercise time was significantly different between Complex and CON and IPC conditions. RPE measured during exercise was significantly different between Complex and CON and IPC conditions. A significant difference in HR measured during exercise was observed between Complex and CON conditions. However, no significant difference in SBP, DBP, HR, SpO<sub>2</sub>, and RPE measured 5 min after exercise was observed between the conditions. **Conclusion:** Applying IPC and hamstring stretching together before exercise can be a particularly effective method for improving aerobic exercise capacity.

**Key words:** Coronary Artery Disease, Cycling, Exercise, Hamstring Stretching, Ischemic Preconditioning

**Received:** April 3, 2023 / **Revised:** April 17, 2023 / **Accepted:** April 20, 2023

## I. 서론

현재 전 세계적으로 약 1억 2,650만 건의 허혈성 심장질환이 있다. 허혈성 심장질환은 전 세계적으로 연간 900만 명이 넘는 사망을 차지하는 주요 사망 원인 중 하나로 남아 있다. 미국심장협회(American heart association; AHA)에 따르면 새로운 관상동맥 사건의 연간 발생률은 연간 약 720,000건이며 현재 허혈성 심장질환의 유병률은 미국에서만 약 1,820만 건이다(Sirajuddin 등, 2021). 지난 몇 년 동안 허혈성 심장질환의 예방 및 치료를 최적화하도록 발전했지만 결과는 사망률 및 이환율 측면에서 인간 건강에 상당한 부담을 나타내고 있다(Severino 등, 2020).

협심증(angina pectoris)은 관상 동맥에 콜레스테롤과 같은 이물질이 쌓여 혈관이 좁아지면서 생기는 병을 말한다. 심장의 근육

인 심근은 잠시도 쉬지 않고 펌프 작용을 계속하기 위해서는 에너지가 필요한데, 심근에 이 에너지를 공급하고 있는 것이 관상동맥이다. 심근은 관상동맥에서 보내오는 혈액의 산소와 영양소를 에너지원으로 하여 활동하고 있다. 때문에 어떤 원인으로 산소와 영양소를 공급해 주는 혈액의 흐름이 적어지면 근육이 통증을 일으키게 된다. 이 통증은 협심통이라고 하고 이러한 상태를 협심 발작 이라고 하며 그 병명을 협심증이라고 한다. 협심증, 심근경색증 이 두 질환은 허혈성 심장질환(ischemic heart disease; IHD)이라 총칭된다.

허혈성 심장질환은 대중적인 질환인 만큼 다양한 운동치료적 중재가 존재한다. Menezes 등(2012)의 연구를 보면 환자들에게 유산소 운동 프로그램을 시키면 더욱 운동 역량이 향상되었다. 또한 Stewart 등(2013)의 연구를 보면 심장 치료 이후의 운동은

교신저자: 김진섭

주소: 31460, 충남 아산시 탕정로 선문로221번길 70 선문대학교, E-mail: skylove3373@sunmoon.ac.kr

심장 재활을 하는 데 매우 중요하다고 하였다. 심장 질병에 대해 운동을 하지 않은 그룹은 증상에 의하여 제발 될 가능성이 높으며, 운동을 하는 그룹은 증상에 의하여 제발되기는 하지만 가능성이 낮아진다고 보고되어 있다. 따라서 운동치료는 심장재활에 매우 필요함을 시사 하고 있다.

운동치료와 함께 부가적으로 운동능력을 보다 향상 시킬 수 있는 방법들이 추천되고 있다. 그 중 허혈성전처치는 신절제술(nephrectomy)과 관상동맥우회로이식술(coronary artery bypass graft; CABG)시 장기를 허혈-재관류 손상으로부터 보호하기 위해 연구되었던 방법으로, 조직에 대한 혈액 공급 및 산소 손실을 줄이기 위한 방법이었다(de Groot 등, 2010). 허혈성 전처치의 유익한 효과는 심장근육에서 처음으로 입증되었지만, 이제 허혈성 사전 조절이 허혈성 골격근, 뇌 및 소장을 보호하고 인간에게도 발생할 수 있다는 것이 분명하다(Ishida 등, 1997). de Groot 등(2010)의 연구에 따르면 허혈성 전처치는 사람의 최대 운동 성능을 향상 시킨다는 것을 보여주었고, Paradis-Deschênes 등(2016)의 연구에서는 허혈성 전처치가 근육의 혈액량을 증가시켜, 반복적인 운동능력을 향상시킨다는 것을 보여주었다. 이처럼 허혈성전처치는 사람에게 심근뿐만이 아닌, 운동 능력에도 영향을 미칠 수 있어 부분적으로 시행 중에 있다.

또한, 스트레칭에 대한 연구결과 Lima 등(2015)의 연구에서 햄스트링 스트레칭은 혈압의 변화에 유의한 영향을 미친다고 보고하였고, Feland 등(2021)의 연구에서도 수축기 혈압과 이완기 혈압 뿐만 아니라 심박수와 평균동맥압에 유의한 향상을 보였다. Fritz (2008)에 의하면 운동처방에 있어 햄스트링 스트레칭은 중요한 요소라고 보고하였다.

하지만 대부분의 연구에서는 허혈성전 처치나 햄스트링 스트레칭을 단독적으로 적용하여 심혈관질환이 있는 대상자에게 적용을 하고 있다. 또한 햄스트링 스트레칭은 장시간의 중재를 적용하였을 때 근육에 변화가 나타나기 때문에(Hadjicharalambous 등, 2016), 단기간에 적용 할 수 있는 효과적인 방법이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 심장질환의 환자들에게 적용할 수 있는 운동 보조 방법들 규명하기 위하여 단기간의 햄스트링 스트레칭과 허혈성전처치가 운동능력 및 혈류역학적인 측면에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

일반적 특성	n=19
키(cm)	172.32±5.39
나이(세)	23.89±2.05 <sup>a</sup>
몸무게(kg)	71.37±10.38
목표심박수(beat)	166.74±2.56
분당회전수(RPM)	82.11±7.69

<sup>a</sup>평균±표준편차

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 S 대학에 재학 중인 건강한 20대 남성 20명을 대상으로 하였다. 본 연구의 제외기준은 심혈관 질환이 존재하거나 과거 병력이 있는 자, 140/90 이상의 고혈압 또는 혈압약 복용자, 최근 6개월 이내에 근골격 부상이나 무릎에 염증성 질환이 있었던 자, 일상생활이 원활하지 않은 자, 연구 중 통증을 호소하는 자, 연구 중 진행을 거부한 자, 스테로이드 복용자는 본 연구에서 제외하였다.

본 연구는 무작위배정을 통해 진행하였고, 피험자들에게 연구의 내용과 목적은 설명하지 않았다. 실험 순서는 당일 피험자의 무작위 선택에 의해 진행되었으며, 실험 전 연구의 안정성과 인권 보호, 순서 등을 설명하였다. 연구는 신문대학교 생명연구윤리위원회의 승인을 받아 수행되었으며(SM-202204-019-3), 연구는 참가자들에게 사전 동의를 받고 진행되었다. 피험자들의 신체적 특징은 다음과 같다(표 1).

### 2. 연구 방법

실험의 안전한 평가를 위하여 평가자는 사전 교육 및 안전교육을 이수하였다. 본 연구에 참여하는 피험자는 총 4가지의 조건(허혈성 전처치, 햄스트링 스트레칭, 허혈성 전처치+햄스트링 스트레칭(복합적용), 대조군)에 무작위 순서로 모두 참여하였다. 환자들의 동일한 조건을 위하여 실험 전날부터 흡연, 음주, 카페인을 제한하였다. 정확하고 안전한 측정을 위해 피험자는 운동화와 편안한 복장으로 실험에 참가하였으며 연구 중 심한 피로 등의 이유로 중지를 요청하는 경우 연구를 중단하였다.

연구원은 실험 시작 전 대상자와 면담을 통해 체력수준을 평가하고 운동시 강도를 설정하였다. 운동 시간은 피험자의 심박수가 목표심박수(target heart rate; THR)에 도달할 때까지이며 목표 심박수는 최대 심박수의 75%로 설정하였다. 최대 심박수는 220-나이를 계산하였고, 목표 심박수는 카보넬 공식에 따라 (최대 심박수-안정 심박수) × 75% + 안정 심박수로 계산하였다. THR을 계산하기 위해 실험 시작 전 피험자는 충분한 휴식은 취한 뒤 안정 심박수(resting heart rate)를 측정하였다(그림 1).

### 3. 중재 방법

#### 1) 허혈성전처치 적용

허혈성전처치적용은 사이클 시작 전 양측 허벅지에 5분씩 220mmHg와 0mmHg의 압력을 교대로 2회 적용하였고 총 20분 적용했다. 폐쇄-재관류 단계는 좌우 허벅지를 교대로 실시했으며, 피험자는 자리에 앉아있었다. 허혈성전처치 적용 후 5분간의 휴식시간을 갖고 각 대상자에 맞춰 각 대상자별 미리 설정한

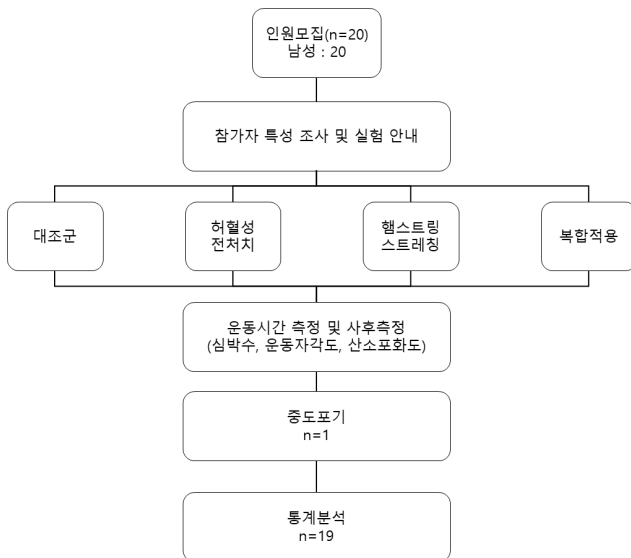


그림 1. 연구 진행 순서

분당회전수(RPM)값을 유지한 채 목표 심박 수에 도달 할 때까지 사이클을 타도록 지시하였다.

## 2) 햄스트링 스트레칭 적용

햄스트링 스트레칭 적용은 사이클 시작 전 바렐을 이용한 한쪽 다리 스트레칭을 적용했으며, 피험자에게 동작에 대한 설명을 해주었고, 각 다리에 30초씩 2세트 적용 후 각 대상자에 맞춰 정한 분당회전수를 유지한 채 목표심박수에 도달 할 때까지 사이클을 타도록 지시하였다.

## 3) 복합 적용

복합 적용은 사이클 시작 전 양측 허벅지에 5분씩 220mmHg와 0mmHg의 압력을 교대로 2회 적용하였고 총 20분 적용했다. 폐쇄-재관류 단계는 좌우 허벅지를 교대로 실시했으며, 피험자는 자리에 앉아있었다. 허혈성 전처치 적용 후 5분간의 휴식시간 사이에 바렐을 이용한 한쪽 다리 스트레칭을 적용했으며 피험자에게 동작에 대한 설명을 해주었고, 각 다리에 30초씩 2세트 적용 후 각 대상자에 맞춰 정한 분당회전수를 유지한 채 목표 심박수에 도달 할 때까지 사이클을 타도록 지시하였다.

## 4) 대조군

대조군은 아무런 처치 없이 목표 심박수에 도달할 때 까지 사이클을 타도록 지시하였다.

## 4. 측정 도구 및 방법

실험 장비로는 사이클(DX3U, DRAX, KOR.)과 산소포화도

측정기(MD300C316, B.ChoiceElectronic Co.Ltd, CN.), 아네로이드 혈압계를 사용하였다. 측정방법은 운동 시작 전 혈압을 측정하였으며, 사이클링 종료 직후 재측정을 하였다. 사이클링 적용시 시작시간, 종료시간, 운동 전 자각도, 운동 후 자각도, 운동 전 심박수, 운동 후 심박수, 운동 전 혈압, 운동 후 혈압을 측정하였다. 운동 종료 및 종료 5분 후 심박수, 운동자각도, 산소포화도를 측정 하였다. 사이클링의 강도는 2단계로 동일하게 세팅 하여 진행 하였다.

## 5. 분석 방법

본 연구 대상자는 20명을 대상으로 시행 하였다. 산출 근거는 G-Power 3.1에서 유의수준 0.05, 검정력 80% 조건 4, 효과 크기 0.7로 하였을 때 전체 모집단이 20명으로 산출 되어 본 연구에서는 20명을 모집 대상으로 설정 하였다. 본 연구에서는 모든 통계분석에 윈도우용 SPSS 22.0(INC, Chicago, IL)을 사용하였고, 사피로-윌크 검정(shapiro-wilk test)을 수행하였다. 각 조건에 대한 심박수, 운동자각도, 산소포화도 및 운동 종료시간을 비교하기 위해 일원 반복측정 분산분석(one-way repeated ANOVA)을 사용하였으며 사후검증은 본페로니 검증(bonferroni)을 실시하였다. 통계적 검증을 위해 모든 통계적 유의수준은 .05로 설정하였다.

## Ⅲ. 연구 결과

본 연구는 20명의 참가자로 진행되었으며, 본인의 요청으로 중도포기 1명이 본 연구에서 탈락하였다. 운동시간, 운동자각도 기울기, 심박수 기울기는 다음과 같다(표 2).

본 연구 결과 운동 지속 도달 시간은 네 조건에서 유의한 차이를 나타냈다( $p<.05$ ). 사후 검증 결과 복합적용 한 조건에서 대조군과 허혈성전처치 조건 보다 운동지속 시간이 유의하게 향상되었다( $p<.05$ ). 운동자각도 기울기에서도 유의한 차이가 나타났으며, 사후검증 결과 복합적용 한 조건에서 대조군과 허혈성전처치 조건 보다 운동 자각도가 유의하게 향상되어 주관적 피로감이 낮은 것으로 나타났다( $p<.05$ ). 심박수 기울기에서도 네 조건 간에 유의한 차이를 나타냈다( $p<.05$ ). 사후검증 결과 복합적용을 한 조건에서 대조군 보다 유의하게 심박수가 느리게 올라갔다( $p<.05$ ). 하지만 본 연구에서 수축기 혈압과 이완기 혈압의 측정에서 운동 전 운동 직후에 네 가지 조건간의 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ )(표 3). 또한 각 조건별 심박수, 운동자각도, 산소포화도에서 종료 및 5분 후에 대한 변화에서도 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ )(표 4).

표 2. 조건에 따른 운동 시간 및 운동자각도, 심박수의 기율기

(n=19)

	대조군 <sup>a</sup>	허혈성 전처치 <sup>b</sup>	햄스트링 스트레칭 <sup>c</sup>	복합 적용 <sup>d</sup>	F	사후 검정
운동시간(초)	575.89±321.99	660.52±311.13	685.21±359.54	841.21±358.57	4.98*	d>a,b
운동자각도 기율기	2.04±1.00	1.72±0.85	1.69±0.80	1.42±0.81	3.91*	d>a,b
심박수 기율기	21.66±9.43	18.66±9.23	18.10±9.25	15.16±9.62	3.81*	d>a

평균±표준편차, \*p&lt;0.05

표 3. 조건에 따른 혈압의 변화

(n=19)

		대조군	허혈성 전처치	햄스트링 스트레칭	복합 적용	F
수축기 혈압(mmHg)	운동 전	131.58±12.99	126.74±13.91	131.32±15.15	127.95±12.27	1.41
	운동 직후	155.11±18.90	150.47±20.72	150.21±16.36	148.74±18.61	0.62
이완기 혈압(mmHg)	운동 전	78.26±10.57	77.16±11.25	78.47±8.69	75.00±10.13	1.08
	운동 직후	90.00±20.85	79.68±15.24	83.26±19.86	86.84±29.70	0.75

평균±표준편차, \*p&lt;0.05

표 4. 각 조건별 회복시간 중 심박수, 운동자각도, 산소포화도

(n=19)

		대조군	허혈성 전처치	햄스트링 스트레칭	복합 적용	F
심박수(회/분)	시작	167.00±3.33	167.26±3.22	166.44±2.52	167.00±2.53	0.318
	5분후	105.60±15.08	107.31±9.25	104.78±10.97	106.00±9.17	0.895
운동 자각도(점)	시작	16.30±1.63	15.57±1.77	15.73±1.85	16.00±1.69	1.517
	5분후	6.80±1.03	7.10±1.79	7.15±1.42	7.00±1.20	1.716
산소 포화도(%)	시작	97.05±0.40	96.95±0.70	96.79±1.13	96.79±0.78	0.524
	5분후	97.00±0.66	97.11±0.56	97.26±0.65	96.89±0.65	1.382

평균±표준편차, \*p&lt;0.05

#### IV. 고 찰

본 연구는 건강한 20대 남성을 연구 대상으로 허혈성 전처치, 햄스트링 스트레칭, 복합적용 시 운동능력에 미치는 효과에 대해 연구하였다.

본 연구 결과 복합적용을 시행 한 조건에서 운동시간, 운동자각도, 심박수에서 유의한 효과를 나타냈다. 본 연구에서 복합적용을 한 조건에서 효과가 가장 높게 나타난 이유는 선행 연구에서 햄스트링의 단축은 근육의 힘을 생산하는데 어려움을 가지고 있지만 유연성을 높여주는 중재를 통하여 근육의 길이가 길어지게 되면 길이 장력에 의하여 보다 더 큰 힘을 발생 할 수 있다고 보고되었다(Feland 등, 2021). 따라서 본 연구에서도 햄스트링 스트레칭을 통하여 근육의 길이 장력을 향상 시켜 복합적용에서 유의하게 향상을 보인 것으로 판단된다. 또한 Hadjicharalambous 등(2020)의 연구에 따르면 높은 수준의 햄스트링 유연성은 지구력을 향상시켜준다고 보고 하였다. 따라서 본 연구에서 햄스트링을 신장 시키면서 정맥의 순환을 막고 있는 근육을 이완 시키면서 정맥 순환의 증가를 통하여 운동 능력이 향상 되었을 것이라 생각 된다. Gala 등(2021)의 연구 결과 햄스트링 스트레칭은 근긴장도 개선과 혈액순환, 산소순환에 긍정적인 영향을 미친다고 보고

되어 본 연구에서도 정맥의 순환이 증가 되면서 심장의 전부하를 증가시켜 운동능력을 향상 시켰을 것이라 판단된다. de Groot 등(2010)의 연구에 따르면 허혈성전처치는 훈련된 운동선수에게 근육 혈액량을 강화시켜 운동선수에게 비용대비 고효율의 회복 전략 중에 하나로도 채택될 수 있다고 보고 하였으며, 훈련된 사람은 허혈성 전처치 적용 후 최대 산소 소비량이 증가한다고 보고 하였다. 최대 산소 소비량이 증가하면 운동능력이 향상되고 이러한 향상은 스포츠 경쟁에도 영향을 미치게 되며 이것은 허혈성전처치가 인간의 운동 능력이 향상된다는 증거가 된다고 보고 하였다(Paradis-Deschênes 등, 2020). 따라서 본 연구에서도 스트레칭과 허혈성 전처치를 이용한 복합적용에서 단기간의 처치이지만 운동능력과, 운동자각도, 심박수가 가장 효율적으로 향상된 것으로 판단된다.

본 연구결과 스트레칭만 적용한 조건에서는 유의한 효과가 나타나지 않았다. 선행 연구에 의하면 정적 스트레칭을 4주 정도 적용을 하였을 때 유연성이 향상되며 지구력의 부작용 없이 운동 능력이 향상된다고 보고되어 있다(Hadjicharalambous 등, 2016). 따라서 본 연구에서는 짧은 시간에 햄스트링 스트레칭만 적용을 하였을 때는 운동능력에 효과가 나타나지 않은 것으로 판단된다. 그러므로 스트레칭의 효과를 나타내기 위해서는 최소

4주 정도의 시간동안 특별하게 중재를 적용해야 할 것으로 판단된다.

또한, 본 연구에서는 허혈성전처치만 적용한 조건에서도 유의한 차이가 없었다. 그 이유는 본 연구의 목표 심박수가 추정된 최대 심박수의 75%로 최대하 운동이기 때문에 충분한 효과를 나타내기에 어려움이 있을 것이라 판단되며, Kaur 등(2017)의 연구에 따르면 허혈성 전처치의 효과에 대한 연구에서 최대하 운동에서는 비효율적이라고 보고 하였으며, 허혈성전처치와 대조군에서 심박수, 산소소비량, 분당환기, 호흡교환비율, 에너지 소비 및 젖산에 영향을 미치지 못한 것으로 보고하여, 본 연구 결과에서 허혈성전처치 단독으로 최대하 운동 시 운동능력에 효과가 없는 결과와 일치하였다. 따라서 본 연구에서도 허혈성전처치를 단독으로 적용하는 것은 젖산 축적 문제를 해결 하지 못한 것으로 판단된다. 또한 기존 연구에서도 명확한 허혈성전처치에 대한 프로토콜이 존재하지 않은 상태이고 적용횟수, 시간에 따라 효과의 차이가 존재할 수 있어 본 연구에서 허혈성전처치의 효과가 크지 않았던 것으로 판단된다.

하지만 본 연구에서는 복합적인 운동을 적용하였을 때 운동지속시간, 목표도달 속도가 감소되는 것으로 나타났다. 그 이유는 선행연구에서 언급한 것처럼 햄스트링 스트레칭과 젖산을 감소시킬 수 있는 허혈성전처치 적용을 통하여 짧은 시간이지만 대상자의 정맥순환의 증가 및 혈행 개선을 시켰을 것으로 판단되며 (Gala 등, 2021), Kaur 등(2017)의 연구 결과 허혈성전처치 적용은 최대운동시 효과가 있다고 하였지만 본 연구에서 는 최대 운동 강도가 아닌 최대 하 운동 강도로 운동이 실시되었지만 허혈성전처치 적용과 햄스트링 스트레칭이 복합적으로 적용되면서 아무런 처치를 하지 않은 조건보다 긍정적인 효과가 발생한 것으로 판단된다.

본 연구에서는 운동이 끝난 후 5분의 휴식시간 동안 측정된 운동 회복속도에서 심박수, 운동자각도, 산소포화도는 조건간에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 안정시, 운동 종료 직후, 운동 종료 5분 뒤에 측정된 수축기 혈압과 이완기 혈압은 조건 간에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그 이유는 본 연구의 중재는 운동능력을 위한 순환 향상과 젖산 축적을 감소시키는 중재로 되어있기 때문에 운동회복속도에는 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 그리고 본 연구는 건강한 20대 남성을 대상으로 하였기 때문에 혈액과 산소의 순환에 대한 효과를 얻기 힘들었고, 운동 중 산소포화도의 변화는 거의 없었던 것으로 판단된다. 김진섭(2022) 연구에서도 운동 종료 5분 후 심장박동 회복, 운동자각척도, 산소포화도 등에 유의한 차이가 없었으며, Imai 등(1994)의 연구 결과에서 정상적인 대상자인 경우 교감신경계와 부교감 신경계의 조절은 30초 이내에서 대부분 변화가 가장 많다고 보고 하였다. 따라서 운동 종료 후 5분 뒤에는 정상인의 운동자각도, 심박수, 산소포화도는 정상적인 자율신경계의 작용

으로 빠른 시간 내에 안정화가 되어 조건간의 유의한 차이가 없을 것이라 판단된다. 또한 운동의 강도가 최대 하 운동으로 진행되었고 회복시간에 대한 측정도 5분이라는 짧은 시간을 측정하였기 때문에 유의한 차이가 나타나지 않은 것으로 판단된다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째 건강한 20대 남성만을 선정하여 실험하였으며 적은 인원으로 진행하였기 때문에 여성과 다른 연령대에 대해 일반화할 수 없다. 둘째, 건강한 사람을 대상으로 최대 강도하 운동을 진행하였기 때문에 심박수나 산소포화도, 수축기 혈압, 이완기 혈압에 대한 변화가 적었으며, 운동 종료 이후 심박수 회복에 대한 중재를 적용하지 않았기 때문에 회복능력을 비교할 수 없었다. 향후 연구에서는 이러한 제한점을 수정 보완하여 연구가 실시되어야 할 것으로 판단된다.

## V. 결 론

본 연구는 20명의 실험대상자 중 중도포기자를 제외한 19명을 대상으로 허혈성전처치, 햄스트링 스트레칭, 복합적인 처치를 적용하여 운동능력과 처치 이후 회복능력이 향상되는지에 대하여 알아보기 위해 수행되었다. 그 결과 복합적용한 처치에서만 운동능력이 향상이 있었고, 회복능력에 대해서는 어느 조건에서도 유의한 차이가 없었다. 따라서 단시간에 운동능력을 향상시키기 위해서는 햄스트링 스트레칭이나 허혈성전처치를 단독으로 시행하는 것 보다는 허혈성전처치와 햄스트링 스트레칭을 함께 적용한 복합적용을 추천한다.

## 참고문헌

- Bagno L, Hatzistergos KE, Balkan W, et al. Mesenchymal Stem Cell-Based Therapy for Cardiovascular Disease: Progress and Challenges. *Mol Ther*, 26(7);1610-1623, 2018.
- de Groot PC, Thijssen DH, Sanchez M, et al. Ischemic preconditioning improves maximal performance in humans. *Eur J Appl Physiol*, 108(1);141-146, 2010.
- Feland B, Hopkins AC, Behm DG. Acute Hemodynamic Responses to Three Types of Hamstrings Stretching in Senior Athletes. *J Sports Sci Med*, 20(4);690-698, 2021.
- Fritz S, Chaitow L, Hymel G. Clinical massage in the healthcare setting, St. Louis, Mosby, 2008.
- Gala M, Kulkarni P, Kumar A. Comparison of Immediate Effect of Plantar Fascia Release by Roller Massager and Transverse Friction Massage on Hamstring Flexibility in Desk Job Workers. *Int J Physiother*

- Res, 9(4);3954-3959, 2021.
- Hadjicharalambous M, Christou M, Apostolidis A, et al. High Levels of Hamstring Flexibility May Enhance Physical Fitness Performance in Elite Soccer-Players. *J Phys Fit Treat Sports*, 7, 555720. 2020.
- Hadjicharalambous M. The effects of regular supplementary flexibility training on physical fitness performance of young high-level soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 56(6);699-708, 2016.
- Ishida T, Yarimizu K, Gute DC, et al. Mechanisms of ischemic preconditioning. *Shock (Augusta, Ga.)*, 8(2);86-94, 1997.
- Kaur G, Binger M, Evans C, et al. No influence of ischemic preconditioning on running economy. *Eur J Appl Physiol*, 117(2);225-235, 2017.
- Lima, T, Farinatti P, Monteiro W. Effect of the number of sets on acute cardiovascular responses during stretching exercise. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*, 17(3);291-299, 2015.
- Menezes AR, Lavie CJ, Milani RV, et al. Cardiac rehabilitation and exercise therapy in the elderly: Should we invest in the aged? *J Geriatr Cardiol*, 9(1);68-75, 2012.
- Paradis-Deschênes P, Joanisse DR, Billaut F. Ischemic preconditioning increases muscle perfusion, oxygen uptake, and force in strength-trained athletes. *Appl Physiol Nutr Metab*, 41(9);938-44, 2016.
- Paradis-Deschênes P, Lapointe J, Joanisse DR, et al. Similar recovery of maximal cycling performance after ischemic preconditioning, neuromuscular electrical stimulation or active recovery in endurance athletes. *J Sports Sci Med*, 19(4);761-771, 2020.
- Severino P, D'Amato A, Pucci M, et al. Ischemic heart disease pathophysiology paradigms overview: from plaque activation to microvascular dysfunction. *Int J Mol Sci*, 21(21);8118, 2020.
- Sirajuddin A, Mirmomen SM, Kligerman SJ, et al. Ischemic heart disease: noninvasive imaging techniques and findings. *radiographics*, 41(4);990-1021, 2021.
- Stewart R, Held C, Brown R, et al. Physical activity in patients with stable coronary heart disease: an international perspective, *Eur Heart J*, 34(42);3286-93, 2013.