



고압산소치료가 지연성근육통의 통증,
관절운동범위 및 근피로 회복에 미치는 영향

김덕조¹ · 최원제² · 손경현²

¹서귀포의료원 재활치료팀 · ²한려대학교 물리치료학과

Effect of Hyperbaric Oxygen Therapy on the Pain, Range of Motion
and Muscle Fatigue Recovery of Delayed Onset Muscle Soreness

Deok Jo Kim¹, M.P.H., P.T. · Won Jye Choi², Ph.D., P.T. · Kyung Hyun Son², Ph.D., P.T.

¹Dept. of rehabilitation team, Seogwipo Medical Center

²Dept. of physical therapy, Hanlyo University

Abstract

Background: The purpose of this study was to investigate the effects of HBOT (hyperbaric oxygen therapy) on the pain, ROM (range of motion) and muscle fatigue recovery of DOMS (delayed onset muscle soreness). **Design:** Randomized Controlled Trial. **Methods:** Twenty-six subjects who are student in their 20s at a university participated in this study, these subjects were assigned into two groups, a control group (n=12) and an experiment group (n=14). The subjects in experimental group were intervened by HBOT (40 minutes, 1.3 ATA), while ones on control group weren't by any intervention after induced DOMS. **Results:** First, in the comparison of VAS (visual analog scale), there were significant variations with the period ($p<0.001$), interaction of period ($p<0.05$) and group ($p<0.05$). In the comparison of PPT (pressure pain threshold), there were significant variations with the period ($p<0.001$) and interaction of period ($p<0.05$). Second, in the comparison of ROM, there were significant variations with the period ($p<0.001$), interaction of period ($p<0.001$) and group ($p<0.01$). Third, in the comparison of CK (creatin kinase) and LDH (lactate dehydrogenase), there no significant variations with all measure variables. **Conclusion:** The above results indicated that HBOT were effective to decrease the pain and improve the ROM in DOMS. Also the statistical significant variations of blood factors of muscle fatigue were not found in this.

Key words : Delayed onset muscle soreness, Hyperbaric oxygen therapy, Muscle fatigue recovery

© 2019 by the Korean Physical Therapy Science

I. 서론

무리한 운동으로 발생하는 근육 통증은 운동 직후의 통증과 지연된 근육 통증으로 나눌 수 있다. 운동 직후의 근육 통증은 피로의 시점까지 반복되는 격렬한 운동 중 또는 운동 직후에 나타나고, 지연된 근육 통증은 운동 근육에 대한 젖산과 칼륨 같은 신진대사 산물의 일시적인 생성과 부적절한 혈액 공급 및 산소 부족으로 인한 피로 때문에 발생하는 통증이다(Pizza 등, 1999).

지연성근육통(delayed onset muscle soreness; DOMS)은 72시간 이내에 관절운동범위(range of motion; ROM), 부종, 근육통 등과 같은 특징을 나타내어 급성염증 반응과 비슷한 형태를 나타내고(Nosaka 등, 2002), 근육 내의 투과도 증가로 삼투압 상승을 유발하고, 구심성 신경섬유(afferent nerve fiber)를 자극하여 통증을 중추신경계통으로 전달하여 근육 손상을 유발시킨다(Clarkson과 Hubal, 2002).

DOMS로 인한 통증과 ROM 제한 등을 예방하고 회복하기 위한 방법으로 정리운동 및 신장운동과 같은 치료적 운동(Buroker와 Schwane, 1989), 미세전류자극(microcurrent; MC), 경피신경자극(transcutaneous electrical nerve simulation; TENS), 초음파 치료 등과 같은 전기치료와 마사지, 키네시오 테이핑 등 다양한 치료 방법들을 적용하고 있지만(김선덕 등, 2009), 사람마다 근육이 다르고 강도가 다르기 때문에 근 기능 회복에 초점을 맞춘 치료 접근법은 부족한 실정이다.

Pizza 등(1999)은 운동 후 혈액과 산소의 공급이 충분하게 이루어지면 근 피로 회복이 빠르게 진행 된다 하였으며, Mealindon 등(2000)과 Wilson 등(2007)은 안정성이 입증된 고압산소치료(hyperbaric oxygen therapy; HBOT)가 DOMS 회복을 위한 또 다른 대체 치료가 될 수 있다고 보고하였다.

HBOT란 1 기압(atmosphere absolute, ATA) 이상에서 순수 산소 100%를 투여하고(Albuquerque와 Sousa, 2007), 고농도의 산소를 고압으로 적용하여 혈액의 혈장(plasma)에 산소를 용해시켜 헤모글로빈의 산소 분자 수송능력을 향상시키는 원리를 이용한 치료 방법

이다(Wilson 등, 2007).

Babul 등(2003), Bennett 등(2005a)과 Harrison 등(2001)은 DOMS 회복을 위한 HBOT 적용 연구에서 등척성 토크(isometric torque)와 부종 및 통증 항목에서 유의한 차이를 나타내지 않았다는 연구 결과를 발표한 반면, German 등(2003)과 Webster 등(2002)은 근 피로에 대하여 빠른 회복을 보였다는 결과를 보고하면서, 모든 선행 연구에서 소규모적인 연구와 복잡한 프로토콜로 인하여 연구 결과가 제한적이라고 하였다.

국외적으로 HBOT는 스포츠 영역뿐만 아니라 대중적으로 보편화되어 있지만, 국내에서는 일부 스포츠 구단 및 병원을 제외하고는 극소수에서만 적용되고 있는 것으로 파악되고 있으며, HBOT에 대한 연구 또한 부족한 실정이다.

이에 본 연구는 HBOT를 시행 할 수 있는 1인용 고압산소캡슐을 이용하여 DOMS 회복에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고, 그 결과를 임상에서 HBOT에 대한 이론적 근거 및 기초자료로 사용 할 수 있도록 제공하고자 실시하였다.

II. 연구방법

1. 연구기간 및 대상

연구는 2016년 11월 16일부터 3일 동안 시행하였으며, 연구대상자는 H대학교에 재학 중인 일반 성인 30명을 대상으로 하여, 본 연구의 선정 조건에 부합하여 선발된 30명은 15명씩 성별과 관계없이 무작위 제비뽑기 방식으로 대조군과 실험군으로 각각 선정하여, 1일 1회, 1회당 40분 동안 HBOT를 적용하였다.

실험 도중 대조군 3명, 실험군 1명이 중도 탈락하여 연구에 참여한 최종인원은 대조군 12명, 실험군 14명이었다.

2. 연구 설계

연구를 위해 선정된 대상자는 무작위로 대조군과 실험군으로 설정하여, DOMS 유발 전 우세, 비우세측

다리를 선정 한 후, DOMS 유발 전, 유발 직후, 24시간 후, 48시간 후에 DOMS 회복 여부를 확인할 수 있는 지표를 각각 측정하였다. 우세와 비우세측 다리는 설문조사를 이용하여 선정하였으며, 압통역치와 ROM은 비우세측 다리에서 결과 값을 획득하였다.

대조군은 아무런 처치 없이 휴식을 취하게 하고, 하루에 8시간 이상 수면을 권장하였으며, 실험군은 DOMS 유발 직후와 24시간 후에 각각 40분씩 1.3 기압의 HBOT를 적용하였다.

대상자 선정부터 결과 값 획득까지의 진행 과정은 (그림 1)과 같다.

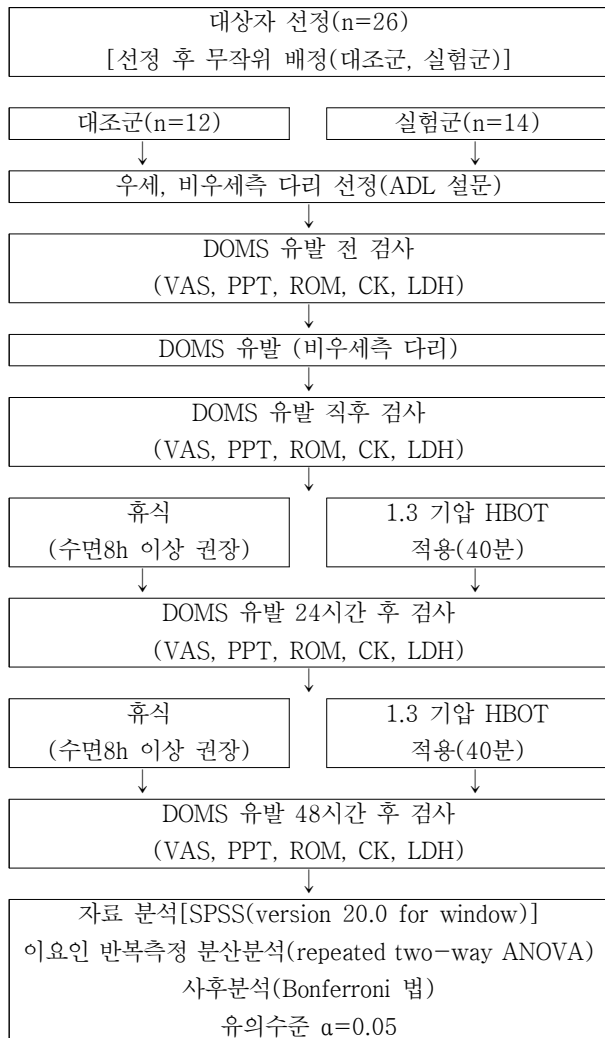


그림 1. 연구 설계

3. 연구방법

1) DOMS 유발

본 연구에서는 대조군과 실험군 대상자 모두에게 DOMS를 유발하기 위해 이석인 등(1997), 채홍원 등(1989)의 연구에서 이용하였던 체중을 이용한 스쿼트를 박규남(2004)의 방법과 혼합·수정하여 적용하였으며, 60초 동안, 25회씩, 6세트를 시행하였다.

2) HBOT 적용

대조군은 휴식군으로 음주 및 격렬한 움직임들을 제한하며 8시간 이상 수면을 권장하였다. 실험군은 HBOT 적용군으로, 1.3 기압 고압산소캡슐 내부에 편안하게 누워 100% 순수 산소를 최대 산소 농도의 35~40%로, 40분 동안 적용하였다.

4. 측정 방법

1) 시각상사척도(visual analog scale; VAS)

VAS는 10cm의 수평선으로 이루어진 도구로서 대상자가 통증의 정도를 자가 표시하도록 되어있다. 왼쪽 1cm 지점이 ‘전혀 아프지 않음’으로 0점, 오른쪽 10cm 지점은 ‘견딜 수 없는 아픔’으로 10점이며, 점수가 높을수록 통증이 심함을 나타낸다.

통증 평가에 가장 많이 사용되는 방법 중 하나로 적용이 쉽고 간단하며 수집이 편리하고 단기간의 변화에 따른 신뢰성도 좋다.

2) 압통역치(pressure pain threshold; PPT)

PPT는 대상자의 비우세측 다리에 통증을 느낄 때까지 압통계로 압력을 주어 통증이 최초로 시작되는 시점에서 대상자가 ‘아’ 하는 소리를 내도록 하여 그 순간에 유도된 통증 값을 3회 기록하고, 평균값을 산출하였다.

3) ROM

ROM은 각도계(goniometer)를 이용하여 비우세측 다리의 무릎 굽힘 운동범위를 측정하였다.

4) 혈중 근피로 대사산물

CK(creatin kinase)와 LDH(lactate dehydrogenase)는 전문 간호사에 의해 혈액을 각각 5ml씩 채취 하였고, 전문 기관의 혈액분석기를 통해 결과를 얻었다.

5. 자료 분석

본 연구에서 측정된 자료는 SSPS/Window(ver. 20.0 for window) 통계 프로그램을 이용하여 분석하였다. 각각의 자료는 치료기간에 따른 대조군과 실험군의 각 그룹 항목별 비교를 위해 이요인 반복측정 분산분석(repeated two-way ANOVA)을 이용하여 분석 하였다.

집단 간과 집단 내의 시간대별 차이를 알아보기 위해서 Bonferroni 방법으로 사후분석을 실시하였다. 모든 분석 자료의 통계학적 유의 수준 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자들의 일반적 특성

연구 대상자들의 일반적 특성으로 평균 연령은 대조군 24.75 ± 2.67 세, 실험군 25.29 ± 2.67 세였고, 평균 신장은 대조군 171.83 ± 8.38 cm, 실험군 173.29 ± 6.34 cm 였으며, 평균 체중은 대조군 72.92 ± 13.85 kg, 실험군 70.57 ± 14.99 kg으로 군 간 유의한 차이가 없었다<표 1>.

2. VAS

치료시기에 따른 반복측정 분산분석 결과는 시기 ($p<0.001$), 교호작용($p<0.05$), 군($p<0.05$)에서 모두 유의한 차이를 나타내었다<표 2>.

3. PPT

치료시기에 따른 반복측정 분산분석 결과 시기 ($p<0.001$), 교호작용($p<0.05$)에서 유의한 차이를 나타

내었다<표 3>.

3. ROM

치료시기에 따른 반복측정 분산분석 결과는 시기 ($p<0.001$), 교호작용($p<0.001$), 군($p<0.01$)에서 모두 유의한 차이를 나타내었다<표 4>.

4. CK

치료시기에 따른 반복측정 분산분석 결과는 모두 유의한 차이를 나타내지 않았다<표 5>.

4. LDH

치료시기에 따른 반복측정 분산분석 결과는 모두 유의한 차이를 나타내지 않았다<표 6>.

IV. 고 찰

DOMS는 장시간 지속되는 운동 또는 원심성 수축이 관련되는 격렬한 운동이나 작업 후에 기능적·구조적 징후와 피로로 인해 발생한다(Appell 등, 1992). 그 원인으로 운동 근육들에 대한 신진대사 산물의 일시적인 생성과 부적절한 혈액 공급, 산소 부족으로 인한 피로 때문에 발생하므로 충분한 혈액과 산소를 공급 해주면 빠르게 회복된다(Pizza 등, 1999).

일반적으로 DOMS는 ROM 감소, 통증, 부종, 근피로 등과 같은 증상을 나타내며(Nosaka와 Newton, 2002b), 8시간 사이에서 24시간 사이에 나타나 48시간 정도에서 최대에 이르며, 시간이 지나면서 차츰 감소하여(Armstrong, 1990; Cleak와 Eston, 1992; Donnelly 등, 1988), 8~10일 후에 완전히 사라진다(Dannecker 등, 2003; Lieber와 Friden, 2002).

Mealindon 등(2000)과 Wilson 등(2007)은 DOMS 예방과 치료를 위한 연구들의 상반된 결과에도 불구하고 HBOT가 DOMS에 대한 근 손상 지표, 증상 개선에 긍정적인 효과가 있음을 발표 하였다. HBOT란 챔버

(chamber) 내부에서 국소적으로 1 기압 이상 환경을 만들어 순수 산소 100%를 투여하는 중재 방법으로, 산소가 체내 혈액에 침투하도록 유도하고 모세혈관을 통해 체내에 고순도의 산소를 공급하며, 허파꽂리에서 산소 흡수량 증가와 혈액 내 헤모글로빈과 결합하는 산소량을 증가시키는 효과가 있어 스포츠 선수 및 일반인에게 새로운 근육 회복 방법으로서 활용 될 수 있다(Cho와 Choi, 2012).

이에 본 연구는 HBOT가 DOMS 회복에 미치는 영향을 알아보기 위하여 20대 남·여 대학생들을 대상으로 대조군과 실험군으로 나누고, 모든 대상자들은 DOMS 유발 후 대조군은 휴식, 실험군은 HBOT를 적용하였다. 각 군은 DOMS 유발 전, 유발 직후, 유발 후 24시간, 48시간에 걸쳐 통증 변화를 알아보기 위하여 VAS와 PPT를, 운동범위 변화를 알아보기 위하여 ROM을 측정하였고, 근피로 회복 비고를 위하여 혈중 근피로 대사 산물인 CK와 LDH를 측정하였다.

Webster 등(2002)은 건강한 남성 12명을 대상으로 격렬한 원심성 운동을 통해 DOMS를 유발하고, DOMS 유발 4시간, 24시간, 48시간 후에 각각 2.5 기압에서 100% 산소를 60분 동안 HBOT를 적용한 연구 결과에서 등척성 토크와 통증 감각 및 불쾌감 등에서 유의한 차이를 보였다고 하였다. 또한 고압산소와 물리치료의 복합적용이 노인의 만성 요통 완화에 미치는 영향에 관한 연구에서는 1.4 기압에서 100% 산소를 30분씩, 주 3회, 2주 동안 HBOT를 적용한 결과, K-ODI와 VAS에서 통계학적으로 모두 유의한 결과를 나타내었다(윤주연 등, 2001).

본 연구에서도 통증을 평가하는 VAS에서 시기 ($p<0.001$), 교호작용($p<0.05$), 군($p<0.05$), 시기에 따른 주 효과 비교에서 모두 통계학적으로 유의하였고, 기계적 통증의 역치를 평가하는 PPT 결과에서도 시기 ($p<0.001$), 교호작용($p<0.05$)에서 유의한 차이를 나타내었으며, 시기에 따른 주 효과 비교에서 DOMS 유발 전과 직후에서 유의한 차이를 보여 선행 연구 결과와 유사하였다. 이와 같은 결과는 HBOT 적용이 보일의 법칙(Boyle's law)에 의해 압력 상승으로 혈액을 포함한 액체 내에 형성된 기포의 크기를 줄여 통증 유발

물질의 순환을 빠르게 하고(Shirley와 Ross, 2001), 고농도의 산소로 섬유아세포 분열을 증가시켜 새로운 모세혈관의 성장 조직의 치유 수준을 촉진하여 궁극적으로 통증을 경감 할 수 있었기 때문이다(Hemibach 등, 1977; J, 1987).

Staples 등(1955)은 동물을 내리막 달리기로 DOMS를 유발하여 HBOT를 적용한 결과 운동 기능이 향상되었다고 하였으며, 또한 Staples 등(1999)은 18~35세 사이의 남성 66명을 대상으로 넙다리네갈래근에 DOMS를 유발하여 HBOT를 2 기압에서 100% 산소를 1시간씩, 5일 동안 적용한 결과 넙다리네갈래근의 ROM이 통계학적으로 유의한 차이를 보고하였다. 본 연구 또한 ROM 변화를 살펴본 결과 시기($p<0.001$), 교호작용($p<0.001$), 군($p<0.01$)에서 모두 유의한 차이를 보임에 따라 위 선행 연구와 유사한 결과를 나타내었으며, 이는 신진대사가 증가하여 운동 후 결핍되었을 때, 산소 공급으로 인하여 과도하게 축적되는 젖산 분해 능력을 향상시켜 근육 피로가 개선되게 함으로써 움직임이 증진되어 ROM을 증가 시켰다는 것을 의미한다(Cho와 Choi 2012).

Ishii 등(2005)은 나가노 올림픽 기간 동안 7명의 선수를 대상으로 HBOT를 1.3 기압에서 100% 산소를 30~40분 동안 적용한 연구에서 모든 선수들에게서 빠른 회복세를 보였고, Haapaniemi 등(1995)과 Fischer 등(1988)의 HBOT 적용이 젖산과 암모니아가 더 빨리 제거 되어 회복 기간이 단축되었다고 보고 한 연구 결과와 일치하였다.

이와 같이 본 연구에서는 통증 지표를 측정한 VAS와 PPT, 관절의 운동범위 각도를 의미하는 ROM 측정 결과에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었으며, 이 결과는 첫째, 헨리의 법칙에 의해 고기압 상태에서 고농도 작용으로 인체 내 산소 농도를 높여주면 헤모글로빈 한 분자 당 결합하는 산소 분자 개수가 증가하여 염증으로 인해서 부족해진 조직 내 산소량을 증가시켜 손상된 조직의 회복에 기여하였기 때문이고 (Biniecka 등, 2011), 둘째, HBOT의 생리적 효과로 1 기압 동맥혈에 있는 산소의 97%를 적혈구의 헤모글로빈과 더불어 운반되어 남아 있는 산소를 혈장에 녹

아있는 형태로 운반되고, 산소가 포화된 상태의 헤모글로빈은 혈장에 용해된 산소의 양이 증가하였기 때문이다(Yildiz 등, 2004).

하지만, 혈액 대사산물인 CK와 LDH 측정된 결과는 모두 유의하지 못하였다. 이는 선행 연구들과 같은 결과로써(Babul 등, 2003; German 등, 2003; Harrison 등, 2001), 연구 결과에 영향을 미칠 수 있는 대상자들의 심리적, 생리적 요인, 치료 시간 이외의 일상생활 및 연구를 시행 하였던 기간 동안 완전한 통제를 할 수 없었던 점들이나, HBOT 적용 방법 요인인 기압, 시간, 빈도 등의 매뉴얼들이 표준화 되지 않아 적용하는데 많은 제한점이 발생하였기 때문이라고 생각된다.

여러 제한점으로 인하여 본 연구 결과를 DOMS가 유발 된 대상자들에게 HBOT 적용에 대한 기대 효과를 일반화 하기는 어렵지만, 그 결과가 임상에서 HBOT 적용을 위한 이론적 근거와 기초 자료로써 충분한 자료가 될 수 있을 것이라고 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 HBOT 적용이 DOMS 회복에 미치는 영향을 알아보기 위해 실시하였으며, 결과는 다음과 같다.

1. 통증에서 VAS는 시기, 교호작용, 군에서 모두 유의한 차이를 나타내었고, 시기에 따른 주 효과 비교에서 모든 시기에서 유의한 차이를 보였으며, PPT는 시기, 교호작용에서 유의한 차이를 나타내었고, 시기에 따른 주 효과 비교에서는 DOMS 유발 전과, 유발 직후에서 유의한 차이를 보였다.

2. ROM은 시기, 교호작용, 군에서 모두 유의한 차이를 나타내었으며, 시기에 따른 주 효과 비교에서는 DOMS 유발 전과 유발 직후에서 유의한 차이를 보였다.

3. 근피로 대사산물 CK와 LDH에서 모두 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

본 연구에서는 DOMS 회복을 위한 HBOT 적용이 통증 감소와 ROM 증진에는 효과적이었으나, 혈중 근

피로 대사산물 CK와 LDH에서는 통계학적으로 유의하지 않았지만 수치는 감소하였다.

추후에는 여러 제한점들을 보완하고 다양한 방식의 산소 공급 매뉴얼을 개발한 연구의 진행이 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

- 김선덕, 박혜미, 정화수. 미세전류 강도에 따른 지연성 근육통 통증과 관절가동범위에 미치는 영향. 대한 임상전기 생리학회지. 2009;7(1):1-6.
- 박규남. 정리운동 시간에 따른 지연성 근육통의 역치 수준에 미치는 영향[석사학위논문]. 한양대학교 대학원; 2004.
- 이석인, 신정태, 김재수, 등. 보디빌딩의 과학. 21세기 교육사; 1997.
- 윤주연, 장문걸, 현승준, 등. 고압산소와 물리치료의 복합 적용이 노인의 만성 요통 완화에 미치는 영향. 대한물리치료학회지. 2011;23(4):23-28.
- 채홍원, 장용수, 우복원. 엘리트 스포츠 트레이닝론. 보경문화사; 1989.
- Albuquerque JG., Sousa JG. Oxigenoterapia hiperbarica(OHB): Perspective historica, efeitos fisiologicos aplicacoes clinicas. Rev Soc Poruguesa Med interna. 2007;14:219-227.
- Appell HJ, Soares JM, Duarte JA. Exercise, muscle damage and fatigue. Sports Med; 1992;13(2):108-115.
- Armstrong RB. Initial events in exercise-induced muscular soreness. Med Sci Sports Exerc. 1990;22(4):429-435.
- Babul S, Rhodes E, Taunton J, et al. Effects of intermittent exposure to hyperbaric oxygen for the treatment of an acute soft tissue injury. Clin J Sports Med. 2003;13(3):138-147.
- Bennett M, Best T, Babul-Wellar S, et al. Hyperbaric oxygen therapy for delayed onset muscle soreness and closed soft tissue injury. Cochrane Database Syst Rev. 2005a;19(4):1-39.

- Biniecka M, Fox E, Gao W, et al. Hypoxia induces mitochondrial mutagenesis and dysfunction in inflammatory arthritis. *Arthritis Rheum.* 2001;63(8):2172-2182.
- Buroker KC, Schwane JA. Dose post-exercise static stretching alleviate delayed muscle soreness?. *Physician and Sports Med.* 1989;17(1):65-83.
- Cho MG, Choi HS. Design of oxygen chamber system for diagnosis and treatment of cold hypersensitivity. *Journal of the Korea Academia-industrial cooperation Society.* 2012;13(2):6013-21.
- Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil.* 2002;81(11):52-59.
- Cleak MJ, Eston RG. Muscle soreness, swelling, stiffness and strength after intense exercise. *Br J Sports Med.* 1992;26(4):267-72.
- Dannecker EA, Koltyn KF, Riley JL, et al. Sex differences in delayed onset muscle soreness. *J Sports Med Phys Fitness.* 2003;43(1):78-84.
- Donnelly AE, MC Cormick K, Maughan RJ. Effects of a non-steroidal anti-inflammatory drug on delayed onset muscle soreness and indices of damage. *Br J Sports Med.* 1988;22(1):35-38.
- Fischer B, Lehl S, Jain K, et al. *Handbook of Oxygen Therapy.* Springer Verlag Berlin. 1988:251-260.
- German G, Delaney J, Moore G, et al. Effects of hyperbaric oxygen therapy on exercise-induced muscle soreness. *Undersea Hyperbaric Med.* 2003;30(2):135-145.
- Haapaniemi T, Sirsjo A, Nylander G, et al. Hyperbaric oxygen treatment attenuates glutathione depletion and improves metabolic restitution in post-ischemic skeletal muscle. *Fress Radic Res.* 1995;23(2):91-101.
- Harrison B, Robinson D, Davison B, et al. Treatment of exercise-induced muscle injury via hyperbaric oxygen therapy. *Med Sci Sports Exercise.* 2001;33:36-42.
- Hemibach RD, BI, Brummelkamp WH, et al. Current therapy of gas gangrene. *Undersea Medical Society.* 1977:153-76.
- Ishii Y, Deie M, Adachi N, et al. Hyperbaric oxygen as an adjuvant for athletes. *Sports Med.* 2005;35(9):739-746.
- J, H. Clinical wound healing evaluation. *Highlights International Symposium on Wound Healing.* 1987:10-2.
- Lieber RL, Friden J. Morphologic and mechanical basis of delayed-onset muscle soreness. *J Am Acad Orthop Sur.* 2002;10(1):67-73.
- Mealindon TE, Lavalley MP, Gulin JP, et al. Glucosamine and chondroitin for treatment of osteoarthritis: A systematic quality assessment and meta-analysis. *JAMA.* 2000;283(11):1469-1475.
- Nosaka K, Newton M, Sacco P. Delayed onset muscle soreness dose not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. *Scand J Med Sports.* 2002;12(6):337-346.
- Nosaka K, Newton M. Concentric or eccentric training effect on eccentric exercise-induced muscle damage. *Med Sci Sports Exerc.* 2002b;34(1):63-69.
- Pizza FX, Cavender D, Stockard A, et al. Anti-inflammatory does of ibuprofen: On neutrophils and exercise-induced muscle injury. *Int J Sports Med.* 1999;20(4):98-102.
- Shirley PJ, Ross JAS. Hyperbaric medicine part I: Theory and practice. *Current Anaesthesia & Critical Care.* 2001;12(2):114-20.
- Staples J, Clement D, McKenzie D, et al. The effects of inetermittent hyperbaric oxygen on biochemical muscle metabolites of eccentrically-exercised rats. *Can J Appl Physiol.* 1995;20:49.
- Staple J, Clement D, Taunton J, et al. Effects of hyper-

- baric oxygen on a human model of injury. *Am J Sports Med.* 1999;27(5):600-605.
- Webster A, Syrotuik D, Bell G, et al. Effects of hyperbaric oxygen on recovery from exercise-induced muscle damage in humans. *Clin J Sports Med.* 2002;12(3):139-150.
- Wilson HD, Toepfer VE, Senapati AK, et al. Hyperbaric oxygen model of arthritis. *J Pain.* 2007;8(12):924-930.
- Yildiz S, Kiralp MZ, Akin A, et al. A new treatment modality for fibromyalgia syndrome: hyperbaric oxygen therapy. *J Int Med Res.* 2004;32(3):263

논문접수일(Date Received) : 2019년 08월 24일
논문수정일(Date Revised) : 2019년 09월 19일
논문게재승인일(Date Accepted) : 2019년 09월 23일

부록 1. 표

표 1. 연구 대상자들의 일반적 특성

	대조군(n=12)	실험군(n=14)	p
연령(세)	24.75±2.67 ^a	25.29±2.67 ^a	0.615
신장(cm)	171.83±8.38	173.29±6.34	0.628
체중(kg)	72.92±13.85	70.57±14.99	0.682

^a평균±표준편차

표 2. 치료시기에 따른 군 간 VAS 분산분석표

	제Ⅲ유형 제곱합	자유도	평균 제곱	F	p
시기	532.273	2.026	262.696	184.122	0.000***
시기×군	11.658	2.026	5.753	4.033	0.024*
오차	69.381	48.629	1.427		
군	21.158	1	21.158	4.707	0.040*
오차	107.881	24	4.495		

*p<0.05, ***p<0.001

표 3. 치료시기에 따른 군 간 PPT 분산분석표

	제Ⅲ유형 제곱합	자유도	평균 제곱	F	p
시기	4587.621	2.520	1820.665	41.975	0.000***
시기×군	353.929	2.520	140.462	3.238	0.036*
오차	2623.071	60.474	43.375		
군	84.630	1	84.630	0.333	0.569
오차	6095.524	24	253.980		

*p<0.05, ***p<0.001

표 4. 치료시기에 따른 군 간 ROM 분산분석표

	제Ⅲ유형 제곱합	자유도	평균 제곱	F	p
시기	11512.774	2.003	5746.589	106.841	0.000***
시기×군	978.081	2.003	488.208	9.077	0.000***
오차	2586.140	48.082	53.786		
군	2061.813	1	2061.813	12.639	0.002**
오차	3915.158	24	163.132		

p<0.01, *p<0.001

표 5. 치료시기에 따른 군 간 CK 분산분석표

	제Ⅲ유형 제곱합	자유도	평균 제곱	F	p
시기	70516.346	1.168	60394.958	3.039	0.087
시기×군	992.808	1.168	850.308	0.043	0.872
오차	556818.000	28.022	19870.688		
군	3833.440	1	3833.440	0.117	0.735
오차	785193.214	24	32716.384		

표 6. 치료시기에 따른 군 간 LDH 분산분석표

	제Ⅲ유형 제곱합	자유도	평균 제곱	F	p
시기	81922.367	1.972	41537.622	3.015	0.059
시기×군	905.905	1.972	459.327	0.033	0.966
오차	652133.854	47.334	13777.317		
군	14.887	1	14.887	0.001	0.973
오차	306425.777	24	12767.741		