

고압산소와 물리치료의 복합 적용이 노인의 만성 요통 완화에 미치는 영향



The Journal of Korean Society of Physical Therapy

■윤주연, 장문걸¹, 현승준¹, 윤범철¹

■고려대학교 보건과학대학원 보건과학과 재활과학전공, ¹고려대학교 보건과학대학 물리치료학과

Influence of the Application to Hyperbaric Oxygen Therapy and Physical Therapy on Chronic Low Back Pain in Elderly

Ju-Yeon Yoon, PT; Mun-Geol Jang¹; Seung-Jun Hyun¹; Bum-Chul Yoon, PT, OT, PhD¹

Department of Health Science, College of Health Science, Korea University; ¹Department of Physical Therapy, College of Health Science, Korea University

Purpose: To investigate the effects of hyperbaric oxygen therapy (HBOT) on chronic low back pain in elderly patients with impaired functioning in daily life.

Methods: 35 subjects with chronic low back pain were randomly allocated into two groups, HBOT group and Placebo group. We applied TENS and mechanical massage to the lower back in both groups. Then 35% oxygen at 1.4 ATA was given to the HBOT group and atmospheric oxygen at 1 ATA to the placebo group.

Results: Comparing the HBOT group with the placebo group after performing interventions six times in 2 weeks, a statistically significant difference in the Visual Analogue Scale (VAS) and Oswestry Disability Index (ODI) scores was observed between the two groups. There was a statistically significant difference in VAS and ODI scores (56% and 34.97% respectively) between the HBOT group and the placebo group. A statistically significant difference was ascertained in the degree of variables VAS and ODI in the HBOT group.

Conclusion: Application of HBOT in chronic low back pain could be beneficial for reducing pain and could help in functional recovery.

Keywords: Hyperbaric oxygen therapy, Chronic low back pain, Pain reduction, Functional recovery

논문접수일: 2011년 4월 15일

수정접수일: 2011년 7월 29일

게재승인일: 2011년 8월 7일

교신저자: 윤범철, yoonbc@korea.ac.kr

1. 서론

요통은 근골격계 질환 중 발생률이 84%가 넘는 가장 흔한 증상이다.¹ 그 중 10~20%는 통증이 12주 이상 지속 되어 만성 요통으로 발전하는데,^{2,3} 급성 통증과는 달리 조직 병소의 회복 기간보다 통증이 오래 지속되기 때문에 사회적 비용이 증가하고 있어 경제적 부담을 증가시키고 있다.^{4,5} 현재 만성 요통에 대한 주사, 약물, 물리치료, 수술 등의 많은 치료 방법이 행해지고 있고 새로운 치료방법의 개발이 진행되고 있으나 통증으로 인한 신체적 기능 저하가 복합적으로 작용하기 때문에 이에 대한 재발 방지 및 완치는 쉽지 않은 실정이다.

경피신경자극치료(Transcutaneous electrical nerve stimulation, TENS)는 만성요통 치료 시 전기적 자극을 통해 통증에 대한 역치를 증가시켜 진통효과를 갖게 하는 전기치료기의 일종이다. 비침습적이라 감염으로부터 안전하며, 강도와 파장, 시간, 파형 등의 선택 가능한 범위가 넓어 환자 개개의 통증의 정도에 따라 적합한 물리치료를 제공할 수 있다. 특히 환자들에게 적용하기 편리하기 때문에 임상에서 널리 사용되고 있지만, 일부 연구에서는 TENS가 만성요통의 경감에 미치는 영향에 대한 객관적 증거가 불충분하다고 보고하고 있다.⁶ 따라서 TENS의 다양한 적용 방법을 고려하여 만성요통의 치료 양식으로써 타당한 프로토콜에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으

로 사료된다.

이와 함께 마사지는 경직된 근육을 이완시켜 통증 경감시킬 수 있는 방법으로 만성요통 환자에게 빈번하게 사용되고 있다.⁷ 특히 연부조직 마사지는 신체적, 정신적 이완과 동시에 엔도르핀 분비로 인한 통증 역치를 높임으로써 통증 개선에 효과가 있는 것으로 보고되고 있다.⁸ 현재 임상에서는 특정 치료를 적용하여 완전한 통증 감소 효과를 가져오는 것은 한계가 있기 때문에 몇 가지의 치료적 기구와 방법들을 조합하여 적용하고 있다. 그러나 아직까지 다양한 물리치료 조합에 대한 연구는 극히 드물며 각 치료들을 함께 적용했을 때 나타나는 상승 효과에 대한 연구가 근거중심치료를 중시하는 최근 경향에 비추어 필요하다 본다.

최근 임상에서는 복합치료 방식으로 적용되는 고압산소치료(Hyperbaric Oxygen Therapy, HBOT)가 근골격계 환자를 대상으로 기존 물리치료와 병행되고 있다. 고압산소치료는 인위적으로 챔버 내의 압력을 1기압(Atmosphere absolute, ATA) 이상으로 높은 상태에서 고농도의 산소를 흡입하게 하여 폐포에서 용해산소량을 높여 저산소증과 조직 허혈(ischemia) 상태를 신속하게 개선시키고자 하는 치료이다.⁹⁻¹¹ 과거에는 주로 감압병과 가스괴저, 일산화 중독 등에 적용되어 왔으나 수술 후 창상치유촉진과 피부이식, 미숙아 및 자폐증 치료 분야까지 점차 활용 범위가 넓어지고 있다. 최근 동물 실험에서 근골격계 질환 관련 통증에 효과적이었음을 근거로 하여 임상에서 부분적으로 적용하고 있으나 구체적인 연구는 아직 미흡한 실정이다.¹¹⁻¹⁵

본 연구는 고압산소치료와 기존 물리치료의 복합적용이 만성요통 감소에 효과적인지 알아보기 위해 설계되었다. 연구의 첫 번째 목적은 TENS와 마사지, 고압산소치료의 복합 적용이 만성요통 환자의 통증 경감 및 기능적 회복에 어떠한 영향을 미치는지 알아보는 것이고, 두 번째 목적은 만성요통 환자의 치료에 있어 고압산소치료의 복합적용에 대한 타당성을 제시하는 것이다. 본 연구자들은 TENS와 마사지, 고압산소치료의 복합 적용은 만성요통 감소에 효과적이며, 특히 고압산소치료는 기존 치료와 병행 시 상승효과를 가져올 것으로 가설을 설정하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

60세 이상의 노인 중 12주 이상 만성요통환자들을 대상으로 실험을 실시하였다. 실험 전에 본 연구에 참여를 희망한 TENS, 마사지, 고압산소의 적용증에 해당하는 36명의 대상자들에게 연구의 목적과 취지를 충분히 설명하고 서면 동의를 얻

었다. 대상자는 속임 조절 실험(placebo-controlled trial) 방법으로 진행되었으며 임의적으로 고압산소군과 속임 고압산소군으로 각각 18명으로 나누어 배치되었다. 실험 진행 중 고압산소군으로 배치 받은 연구 대상자 1명이 치료 2회차 중 폐쇄된 산소챔버 부적응을 호소하여 실험에서 제외되었기 때문에 최종 대상자 수는 고압산소군 17명(여자 12명, 남자 5명)과 속임 고압산소군 18명(여자 13명, 남자 5명)으로 총 35명을 대상으로 실험을 진행하였다(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects

Variables	HBOT Group (n=17)	Placebo HBOT Group (n=18)
Sex(%)	Male : 5(29.4) Female : 12(70.6)	Male : 5(27.8) Female : 13(72.2)
Age(years)	68.2±4.6	69.3±5.5
Weight(kg)	56.4±6.0	58.4±6.2
Height(cm)	161.9±7.4	159.6±7.9

* M±SD: Mean ± SD

2. 연구방법 및 절차

1) 연구방법

고압산소군과 속임 고압산소군에 공통적으로 요통을 호소하는 부위 중 가장 극심한 통증을 나타내는 부위에 TENS (STT-100, Stratek. CO. Ltd, 한국)를 사용하여 Graff-Radford 등이 권유한 모드인 2 Hz, 파동 폭은 250 μs, 직각 비대칭 파동모드로 15분간 적용하였고,¹⁸ 40°C 온도의 침대에서 물의 압력 및 흐름을 이용한 기계적 마사지(AQUA-JET Z-30, MEDIZEN. CO., Ltd, 한국)를 요추 1번부터 천골에 이르는 부분에 경찰법(Effleurage), 고타법(Tapotement) 및 압박법(Compression)으로 15분간 적용하였다.

고압산소치료는 1인용 챔버(OXYSYS-4000, Mediconet. Co., Ltd, 한국)를 이용하여 1.4 ATA, 산소 농도 35%의 조건을 인위적으로 설정하여 30분간 적용하였고, 속임 고압산소군은 대기의 공기를 공급함으로써 챔버 안의 조건을 1ATA에서 산소농도 21%의 조건을 설정하여 30분간 적용하였다(Figure 1).

실험 진행은 고압산소군과 속임 고압산소군 모두 주 3회씩 2주 동안 총 6회 같은 시간 차이를 두고 실시하였으며, 챔버 안에 들어가 있는 동안 원활한 의사소통을 위해 벨을 마련하여 상시 호출이 가능하게 하였다. 실험 전 대기압과 챔버 안의 기압 차로 인해 느낄 수 있는 불편함 해소를 위해 침 삼키기 등의 자가 처치법을 숙지시켜 그 불편함의 정도를 최소화시켰다.



Figure 1. Hyperbaric Oxygen Therapy Chamber (mono chamber). Subjects had laid for 30 minutes in chamber conditioned on 1.4 ATA with 35% oxygen concentration.

2) 측정 및 분석

(1) 측정 도구

고압산소 적용 전·후 요통으로 인한 기능 회복 정도 차이는 Korean Oswestry Disability Index (K-ODI)를 이용하여 평가하였다. 요통장애지수에서 평가 영역은 현재 통증 정도와 자기 관리, 물건 들어올리기, 걷기, 앉기, 서기, 잠자기, 성생활, 사회생활, 여행, 집안일 등이 있다.^{19,20} K-ODI에서는 문화적인 면을 고려하여 성생활 항목이 빠져 9개의 항목으로 이루어져 있으며 일상생활의 장애를 0~5점 척도로 6가지 단계로 기술하고 있으며 점수가 높을수록 장애의 정도가 심한 것을 의미한다.²⁰ 설문지는 치료 전과 총 6회의 치료가 모두 끝난 후에 기입하게 하였으며, 연구 대상자가 설문지 작성시 어려움을 호소할 때에는 질문지를 읽어주어 설문지 작성을 도왔다.

통증의 정도는 Visual Analogue Scale(VAS)를 이용하여 10 cm의 직선상에서 1 cm 간격으로 통증의 정도를 표시한 후 0 cm은 통증 없음, 10 cm은 매우 극심한 통증 등으로 구분하여 연구 대상자 본인이 기록하게 하였다.²¹

(2) 분석방법

본 연구의 모든 통계적 분석은 SPSS (ver. 12.0)를 이용하였다. 고압산소군과 속임 고압산소군의 각각 치료 전·후 변화량을 비교하기 위하여 대응 t 검정(Paired Sample t-test)을 이용하였다. 실험 전·후 고압산소군과 속임 고압산소군 간의 차이 및 그 변화 정도의 비교를 위해서 독립 t 검정(Independent Sample t-test)을 실시하였다. 자료의 모든 통계적 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

III. 결과

1. 각 집단의 실험 전·후 ODI와 VAS 척도 비교

고압산소군과 속임 고압산소군의 ODI와 VAS 척도를 비교한 결과, 고압산소군의 ODI척도는 실험 전 16.06 ± 3.98 , 실험 후 9.82 ± 3.70 으로 63.54% 감소하였고 ($p=0.00$), VAS 척도는 실험 전 6.00 ± 1.22 , 실험 후 3.53 ± 1.07 로 69.96% 감소하였다 ($p=0.00$).

속임 고압산소군의 ODI 척도는 실험 전 15.78 ± 3.35 , 실험 후 11.89 ± 2.56 으로 32.89% 유의하게 감소하였고($p=0.006$), VAS 척도는 실험 전 5.28 ± 1.49 보다 실험 후 3.44 ± 1.38 로 53.20% 감소하였다($p=0.00$). 따라서 두 그룹 모두 통증 개선에 효과가 있었다(Table 2).

Table 2. Comparison to ODI and VAS before and after treatments in each HBOT group, placebo HBOT group

Variables	HBOT (n=17)	t	p	Placebo HBOT (n=18)	t	p
Pre-ODI	16.06 ± 3.98	9.59	0.00	15.78 ± 3.35	6.27	0.00
Post-ODI	9.82 ± 3.70			11.89 ± 2.56		
Pre-VAS	6.00 ± 1.22	12.74	0.00	5.28 ± 1.49	9.90	0.00
Post-VAS	3.53 ± 1.07			3.44 ± 1.38		

Mean \pm SD

ODI: Oswestry Disability Index

VAS: Visual Analogue Scale

2. 실험 후 두 집단 간 ODI와 VAS 변화량 비교

고압산소군의 ODI 측정 결과 6.24 ± 2.68 의 변화를 보였고, 속임 고압산소군의 ODI 변화량은 4.00 ± 2.72 였다($p=0.02$). VAS의 경우 고압산소군은 2.47 ± 0.80 , 속임 고압산소군은 1.83 ± 0.79 의 변화가 있는 것으로 나타났다($p=0.02$). 따라서 속임 고압산소군보다 고압산소군에서 ODI와 VAS 변화량 모두 통계적으로 유의한 차이가 있었으며 속임 고압산소군보다 고압산소군의 ODI는 56%, VAS는 34.97% 변화량이 더 많았다(Table 3).

Table 3. Comparison to variation of ODI and VAS each before and after interventions in each HBOT group, placebo HBOT group

Variables	HBOT (n=17)	Placebo HBOT (n=18)	t	p
ODI variation	6.24 ± 2.68	4.00 ± 2.72	2.45	0.02
VAS variation	2.47 ± 0.80	1.83 ± 0.79	2.38	0.02

Mean \pm SD

ODI: Oswestry Disability Index

VAS: Visual Analogue Scale

IV. 고찰

본 연구는 만성요통환자를 대상으로 고압산소치료와 기존 물리치료를 복합적용하여 통증 감소에 미치는 영향을 알아보고 고압산소치료의 적용에 대한 타당성에 대해 알아보려고 하였다. 실험 결과 TENS와 마사지의 복합 적용은 만성요통의 감소에 효과적이었으며 고압산소치료의 병행은 통증 감소에 상승효과를 가져와 통증 감소에 보다 효과적인 것으로 나타났다.

본 연구결과 12주간 고압산소와 기존 물리치료의 복합 적용 시 기존 물리치료에 비해 ODI는 56%, VAS는 34.97%의 변화량을 더 보여 통증 감소와 기능 회복에 효과가 있는 것으로 나타났다. 고압산소치료가 기존치료에 비해 만성요통의 감소에 효과적인 이유에 대해서는 두 가지 요인으로 나누어 생각해 볼 수 있다.

첫째로, 보일의 법칙(Boyle's law)에 따라 압력의 상승은 혈액을 포함한 체액 내에 형성된 기포의 크기를 줄여 압박병이나 공기색전증 치료의 근간이 되며 통증유발 물질의 순환을 빠르게 하여 통증을 줄일 수 있다는 것이다.²² 이와 같은 기전으로 고압산소치료는 조직 손상에 의해 야기된 부종 감소, 저산소증, 말초성 허혈의 증상 완화에 도움이 된다고 알려져 있다.²³ 따라서 압력의 상승으로 인한 물질 순환의 촉진을 통증 감소의 원인 중 하나로 볼 수 있을 것이다. 둘째로, 헨리의 법칙(Henry's law)에 따라 일반적으로 산소의 분압이 증가하면 혈장 속에 물리적으로 용해되는 산소의 양이 증가하였기 때문에 손상된 조직의 회복의 촉진을 가져왔을 것이다.²² 대기압 하에서 혈장 100 ml에는 약 0.3 ml의 산소가 용해되어 존재한다. 즉, 대기압 하에서 동맥혈의 산소 분압이 100 mmHg인 정상 성인의 혈장 내에는 0.3 vol%의 산소가 용해되어 있다. 혈액 내에 용해되어 있는 산소의 양은 혈액의 산소 분압에 비례하여 증가하는데 그 증가율은 0.003 vol%/mmHg이다.²⁴ 따라서 본 연구에서 사용된 산소 챔버 조건인 1.4기압 하 35%의 산소 흡입 시 대기압 하에 혈장 내 용해되어 있는 0.3 vol%보다 많은 양의 산소가 용해되어 있을 것이다. 고기압 상태에서 고농도 산소의 적용으로 인체 내 산소 농도를 높여주면 헤모글로빈 한 분자당 결합하는 산소 분자 개수가 증가되고, 혈액의 조건을 변화시킬 수 있다. 기전에 따라 혈류 증가, 저산소증을 개선하여 궁극적으로 통증 경감에 영향을 준다는 선행 연구의 결과는 본 연구의 결과를 지지한다.²⁵⁻²⁷ 또한 근섬유 일부 부위가 이완되지 않은 상태로 장기간 유지된다면 미세혈관에 순환 장애가 일어나고 근육 대사 작용이 항진되어 조직 대사산물이 축적된다. 이로 인해 통증 유발물질이 축적될 수 있고 이는 인접한 통각 신경을 자극하고 이 자극이 말초신경을 통해 대뇌에 전달되어 통증으로 인지된다. 이 과정에서 조직 허혈(tissue ischemic) 상

태 회복을 위한 고농도 고압산소의 공급은 통증 순환 고리를 끊어 통증 개선에 효과를 미친 것으로 볼 수 있다.²⁸

비록 고압산소치료가 보다 효과적이었지만 본 연구 결과 속임 그룹을 통해 기존 물리치료인 TENS와 마사지의 복합 적용 역시 만성요통의 감소에 효과적이었음을 확인할 수 있었다. Kathleen A. Sluka와 Deirdre⁶의 만성 요통에 관한 TENS의 효과를 살펴본 연구에 따르면 아직까지 통증과 기능, 장애, 치료 만족도 등을 조사한 결과 TENS의 적용 방법과 치료 기간, 최적 빈도와 강도에 관한 데이터가 부족하고 TENS 사용의 근거가 부족하다고 보고하였다. Brosseau 등²⁹과 Milne 등³⁰의 meta-analysis에서는 TENS그룹과 placebo TENS그룹간의 차이가 없는 것으로 보고하였다. 또한 고빈도 TENS (40-150 Hz)가 저빈도 TENS (1-4 Hz)와 비교했을 때 임상적 효과에 관해서 불명확함을 보고했다.³¹⁻³³ 본 연구에서는 TENS를 2 Hz의 빈도와 진폭 250 μ s, 직각 비대칭 파동모드로 15분간 환부에 적용하였다. 연구 설계의 한계상 TENS의 단독효과를 볼 수는 없었지만 통증 감소에 긍정적인 영향을 가져왔으므로 추후 이와 관련된 연구가 필요할 것으로 사료된다.

마사지는 손이나 기계적 장치(mechanical device)를 이용하여 연부조직을 직접 조작(manipulation)하는 것으로 엔도르핀의 분비를 촉진하여 통증의 역치를 높여 신체적, 정신적 이완을 도모하고 생리적 효과를 얻을 수 있다.^{7,8,34} TENS와 마찬가지로 마사지 역시 관문조절설(gate-control theory)에 의한 통증 감소 효과를 가져올 수 있다.³⁵ 이러한 효과들의 복합적인 작용으로 인해 만성요통 환자들의 통증 경감과 기능회복에 영향을 미쳤을 것이라 고려된다.

추후 연구에서는 고압산소로 인한 보다 객관적인 근거 자료 제시를 위해 동물 실험 등을 통해 그 기전에 관한 검증이 필요할 것이다. 또한 고압산소 적용에 있어 시간, 농도, 기압 차이에 따른 효과를 검증하는 연구도 추가 실시하여 근골격계 질환에 고압산소 요법의 적용 기준을 설정 마련해야 할 것으로 본다.

V. 결론

본 연구는 만성요통 환자의 통증과 기능적 회복에 고압산소가 미치는 영향을 알아보기 위하여 실시하였다. 12주 이상 요통을 호소하는 60세 이상의 노인들을 대상으로 ODI와 VAS의 변화 정도를 통해 TENS와 기계적 마사지를 복합 적용 후 고압산소의 적용 유·무에 따른 고압산소요법의 통증 경감과 기능 회복 효과를 확인하였다.

12주간 6회의 치료 후 고압산소군과 속임 고압산소군의 ODI와 VAS 척도 비교 결과 고압산소군과 속임 고압산소군 모두에서

유의하게 통증의 경감 및 기능회복을 보였다.

하지만 속임 고압산소군과 비교하여 고압산소군에서 ODI, VAS 모두 통계적으로 유의하게 큰 변화량을 보였고, 구체적으로 ODI 34.97%, VAS 56.00%의 더 큰 변화량을 보여 통증 경감에 및 기능 회복에 더 효과적이었다.

본 연구의 결과를 토대로 상대적으로 미흡했던 근골격계 재활 분야에 고압산소의 적용에 대한 가능성을 제시할 것으로 기대된다.

Author Contributions

Research design: Yoon BC, Yoon JY,

Acquisition of data: Yoon JY, Jang MG, Hyun SJ

Analysis and interpretation of data: Yoon BC, Yoon JY

Drafting of the manuscript: Yoon BC, Yoon JY

Administrative, technical, and material support: Yoon BC

Research supervision: Yoon BC

Acknowledgements

주식회사 메디코넷(Mediconet)

참고문헌

- Von Korff M, Dworkin SF, Le Resche L et al. An epidemiologic comparison of pain complaints. *Pain*. 1988; 32(2):173-83.
- Von Korff M, Saunders K. The course of back pain in primary care. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996;21(24):2833-7; discussion 8-9.
- Quinn JV. Influence of pilates-based matexercise on chronic lower back pain. *University of florida atlantic*. 2005.
- Jung-Hwan Suh S-HA. Back pain and neck pain. Seoul, Gunja, 2008: 214-44.
- Lee BH. Nerve injury and pain. *Biochemistry and Molecular Biology*. 2007;27(4):34.
- Sluka KA, Walsh D. Transcutaneous electrical nerve stimulation: Basic science mechanisms and clinical effectiveness. *J Pain*. 2003;4(3):109-21.
- Furlan AD, Brosseau L, Imamura M et al. Massage for low-back pain: A systematic review within the framework of the cochrane collaboration back review group. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002;27(17):1896-910.
- Ernst E. Massage therapy for low back pain: A systematic review. *J Pain Symptom Manage*. 1999;17(1):65-9.
- Davis JC HT. Hyperbaric oxygen therapy. *Undersea Medical Society*. 1977:25-60.
- Boerema I MNea. Life without blood : A study of the influence of high atmospheric pressure and hypothermia on dilution of blood. *J Cardiovasc Surg*. 1960;vol.1:133-46.
- Andersson GB. Epidemiological features of chronic low-back pain. *Lancet*. 1999;354(9178):581-5.
- Chung E, Zelinski LM, Ohgami Y et al. Hyperbaric oxygen treatment induces a 2-phase antinociceptive response of unusually long duration in mice. *J Pain*. 11(9):847-53.
- Comerota AJ, Link A, Douville J et al. Upper extremity ischemia treated with tissue repair cells from adult bone marrow. *J Vasc Surg*. 52(3):723-9.
- Li F, Fang L, Huang S et al. Hyperbaric oxygenation therapy alleviates chronic constrictive injury-induced neuropathic pain and reduces tumor necrosis factor-alpha production. *Anesth Analg*.
- Ohgami Y, Zylstra CC, Quock LP et al. Nitric oxide in hyperbaric oxygen-induced acute antinociception in mice. *Neuroreport*. 2009;20(15):1325-9.
- Lehmann TR, Russell DW, Spratt KF et al. Efficacy of electroacupuncture and tens in the rehabilitation of chronic low back pain patients. *Pain*. 1986;26(3):277-90.
- Shirley PJ, Stott SA. Intrahospital transport of critically ill patients. *Anaesth Intensive Care*. 2001;29(6):669.
- Graff-Radford SB, Reeves JL, Baker RL et al. Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on myofascial pain and trigger point sensitivity. *Pain*. 1989;37(1):1-5.
- Davidson M. Rasch analysis of three versions of the Oswestry disability questionnaire. *Man Ther*. 2008;13(3):222-31.
- Lee SJ. Oswestry low back pain disability index and related factors in patients with low back pain. *The Journal Korean Society of Physical Therapy*. 2008;vol.20(No.4):21-8.
- Huskisson EC. Measurement of pain. *Lancet*. 1974;2(7889): 1127-31.
- Ross PJSaJAS. Hyperbaric medicine part i : Theory and practice. *Current Anaesthesia & Critical Care*. 2001;vol.12: 114-20.
- Cho Sh. Review of hyperbaric oxygen therapy. *The Korean J Aerospace & Environ Med*. 1992;vol.2 (1).
- Churchill-Davidson I, Sanger C, Thomlinson RH. High-pressure oxygen and radiotherapy. *Lancet*. 1955;268(6874): 1091-5.
- Heimbach RD BI, Brummelkamp WH et al. Current therapy

- of gas gangrene. Undersea Medical Society. 1977:153-76.
26. J H. Clinical wound healing evaluation. Highlights International Symposium on Wound Healing. 1987:10-2.
 27. Sung Kyu No JhJ. The effects of metabolism function and exercise duration on hyperbaric oxygen. The Korean Society for the study of physical education. 2006;vol.11(No.2):89-98.
 28. Sung-su Bae H-bk, Sang-yong Lee, eun-young Kim. Review of pain potential substance and action mechanism. The Journal Korean Society of Physical Therapy. 2001;13(1):205-8.
 29. Brosseau L, Milne S, Robinson V et al. Efficacy of the transcutaneous electrical nerve stimulation for the treatment of chronic low back pain: A meta-analysis. Spine (Phila Pa 1976). 2002;27(6):596-603.
 30. Milne S, Welch V, Brosseau L et al. Transcutaneous electrical nerve stimulation (tens) for chronic low back pain. Cochrane Database Syst Rev. 2001(2):CD003008.
 31. Khadilkar A, Milne S, Brosseau L et al. Transcutaneous electrical nerve stimulation for the treatment of chronic low back pain: A systematic review. Spine (Phila Pa 1976). 2005;30(23):2657-66.
 32. Yu Rim Choi HWL. Changes in sympathetic nervous system responses of healthy adult women with changes in the stimulus intensity of high frequency transcutaneous electrical nerve stimulation. The Journal of Korean Society of Physical Therapy. 2010;Vol.22(No.1):61-6.
 33. van Middelkoop M, Rubinstein SM, Kuijpers T et al. A systematic review on the effectiveness of physical and rehabilitation interventions for chronic non-specific low back pain. Eur Spine J.20(1):19-39.
 34. Furlan AD, Imamura M, Dryden T et al. Massage for low back pain: An updated systematic review within the framework of the cochrane back review group. Spine (Phila Pa 1976). 2009;34(16):1669-84.
 35. Melzack R WP. The challenge of pain. Penguin Books. 1996;2nd ed.