

정형외과 영역에서의 고압 산소 요법

장재호 · 권영호 · 김재도 · 손정환 · 박찬재 · 이영구

고신대학교 의과대학 정형외과 교실

Hyperbaric Oxygen Therapy In Orthopaedic Field

Jae Ho Jang, M.D., Young Ho Kwon, M.D., Jae Do Kim, M.D., Jung Hwan Son M.D.,
Chan Jae Park, M.D., Young Gu Lee, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Kosin Medical College Gospel Hospital, Busan, Korea

Abstract

Objectives : Hyperbaric oxygen(HBO) therapy has been used to treat CO poisoning and decompression sickness, and at now it contains domains of general surgery, plastic surgery, otorhinolaryngology. In orthopaedic field, it can also be used in many disorder through the effect of increasing oxygen tension of tissue, vasoconstriction and bacteriocidal effect. Authors attempted to evaluate the effect of hyperbaric oxygen therapy in the orthopaedic field.

Methods : Authors have analyzed clinical outcome of total 79 cases (crushing injuries, flap surgeries, chronic osteomyelitis, diabetic foot, postoperative ischemic wound, atherosclerosis & Buerger's disease, infection wound, compartment syndrome) in orthopaedic field treated by hyperbaric oxygen therapy in Kosin Medical College Gospel Hospital from May, 1998 to December, 2005.

Patients of crushing injuries, flap surgeries, chronic osteomyelitis, diabetic foot, postoperative ischemic wound, atherosclerosis & Buerger's disease, compartment syndrome received HBO therapy in 2.0 ATA per 80 minutes a day, and patients of infection wound received HBO therapy in 2.8 ATA per 104 minutes a day.

Results : Crushing injuries, flap surgeries, chronic osteomyelitis, diabetic foot, postoperative ischemic wound, atherosclerosis & Buerger's disease, infection wound, compartment syndrome were treated by hyperbaric oxygen therapy and received averagely 11.5 times. Transient tinnitus was observed as a side effect in one case.

Conclusion : Hyperbaric oxygen therapy can be applied to many cases of orthopaedic surgery, especially in ischemic change, swelling and infections as an adjuvant therapy. However it required double blind test with the control group to evaluate the objective outcome.

Key words : Hyperbaric oxygen therapy, Orthopaedic field

서 론

정형외과 영역에서의 창상이나 염증성 병변은 적절한 산소 분압이 유지됨으로 인해, 외과적 처치와 함께 항생제 투여 시 호전을 보일 수 있다. 다수의 창상 및 병변들에서 혈액 공급의 감소 및 차단으로 인한 저 산소 상태

가 되면 치유가 지연되거나 이루어지지 않는다. 혈액 순환을 증진시키는 방법으로는 수술적 치료, 혈관 이완제의 투여 등이 있으나 대부분의 난치성 창상에서는 뚜렷한 방법이 없는 것이 현실이다.

고압 산소(hyperbaric oxygen, HBO) 요법은 문제성 창상이나 병변에서 저산소증을 개선하여 창상치유와 염증치유를 촉진함으로써 적절히 선택된 환자에서 괄목할 만한 효과를 보이고 있다¹⁾. 우리나라에서는 지방공사 강남병원과 서울대학병원에서 고압 산소 요법의 치료 결과들을 보고하였으²⁾, 본원에서도 1985년에 고압산

교신저자 : 권 영 호

주소: 602-703, 부산광역시 서구 암남동 34번지
고신대학교 복음병원 정형외과학교실
TEL. 051-990-6467 FAX. 051-243-0181
E-mail: handkwon@hotmail.com

· 본 연구는 고신대학교 의과대학 연구비 일부 지원에 의해 이루어짐

소치료실을 개설하여 감압병 뿐만 아니라 정형외과, 신경외과, 이비인후과 등의 질환을 대상으로 치료 범위를 넓혀가고 있다. 본 논문에서는 정형외과영역의 질환을 대상으로 고압산소요법의 효과를 알아보기로 하였다.

대상 및 방법

1998년 5월부터 2005년 12월까지 본원 정형외과에 입원 치료한 환자 중 감압병을 제외한 다른 질환들에 대하여 고압산소요법을 시행했던 69명, 79례를 대상으로 하였다. 나이는 3~82세로 평균 49.4세였으며, 남자 56명, 여자 13명이었다. 기저 질환으로는 좌열창 9례, 술 후 허혈성 창상 이환 4례, 동맥 경화증 6례, 버거씨 병 7례, 피부 및 피판 이식에 의한 자가 이식창의 허혈 15례, 당뇨병성 족부 병변 21례, 만성 골수염 7례, 세균 염증성 병변 8례, 구획 증후군 2례였다(Table 1.).

Table 1. Diagnostic classification

Diagnosis	NO	(%)
Crush injury	9	(11.4)
Flap surgery	15	(19)
Chronic osteomyelitis	7	(8.9)
Diabetic foot	21	(26.6)
Postoperative ischemic wound	4	(5.1)
ASO* & Burgers' disease	13	(16.5)
Infection wound	8	(10.1)
Compartment syndrome	2	(2.5)
Total	79	(100.0)

*ASO = Atherosclerosis obliterans

좌열창은 개방성 골절 3례, 폐쇄성 골절 2례, 연부 조직 압괴 손상 4례였고, 술 후 허혈성 창상 이환은 종양으로 인한 슬관절 하 절단 후 발생한 4례였으며, 동맥경화증 5례와 버거씨 병 7례 및 만성 골수염 7례는 모두 하지에 발병한 경우였다. 피부 및 피판 이식에 의한 자가 이식창의 허혈은 피부이식수술 후 9례, 근피판 이식수술 후 6례였고, 세균 염증성 병변은 봉소염 6례, 괴사성 근막염 1례, 술 후 창상에 발생한 감염 1례였다. 고압산소요법 횟수는 1~79번으로 평균 11.5번이었고, 질

환별 평균 고압산소요법 시행 횟수는 좌열창 15.1번, 술 후 창상 이환 9번, 동맥 경화증 및 버거씨 병 10.6번, 피부 및 피판 이식에 의한 자가 이식창의 허혈 14.5번, 당뇨병성 족부 병변 8.8번, 만성 골수염 8번, 세균 염증성 병변 8번, 구획 증후군 18번이었다(Table 2.)

Table 2. Mean times of hyperbaric oxygen(HBO) therapy

Diagnosis	Mean times of HBO
Crush injury	15.1
Flap surgery	14.5
Chronic osteomyelitis	8
Diabetic foot	8.8
Postoperative ischemic wound	9
ASO* & Burgers' disease	10.6
Infection wound	8
Compartment syndrome	18
Mean Total	11.5

*ASO = Atherosclerosis obliterans

고압산소요법은 하루에 한번, 토요일을 제외한 주 5일 동안 시행하였으며, 치료 중 고압산소요법의 부작용이 발생할 시에는 즉시 중단하였으며 증상 소실 시에 다시 재개하였다. 고압산소요법의 방법으로 좌열창, 술 후 허혈성 창상 이환, 동맥 경화증, 버거씨 병, 당뇨병성 족부 병변, 만성 골수염, 구획증후군의 경우는 2.0 기압에서 매일 80분간 시행하였으며, 세균 염증성 병변의 경우에는 2.8기압으로 매일 104분간 시행하였다.

고압산소요법의 결과 평가로 좌열창, 당뇨병성 족부 병변은 창상 치유 기간 및 절단 유무를, 동맥 경화증, 버거씨병은 치유 기간 및 절단유무를, 술 후 허혈성 창상 이환은 치유 기간을 사용하였으며, 피부 및 피판 이식에 의한 자가 이식창의 허혈은 이식 피판의 생존 유무를, 만성 골수염은 치유 기간 및 혈침속도를, 세균 염증성 병변의 경우 치유 기간 및 백혈구 수치와 혈침속도를, 그리고 구획 증후군의 경우에는 조직 구획압의 정상화 기간 및 재원 일수를 사용하였다.

결 과

1. 좌열창

평균 치유 기간은 평균 15.1일이었다. 고압산소요법 도

중 족부 연부조직 압궤 손상 1례에서 족지 절단 수술 및 피부 이식 수술을 시행하였으며, 비골 개방성 골절 1례에서 슬관절 하 절단 수술을 하였고, 수부 압궤 손상 2례에서 수지 절단 수술을 시행하였다. 원위 대퇴골 개방성 골절 1례에서 피부 이식 수술을 시행하였으며, 종골 폐쇄성 골절 1례에서는 연부 조직 결손으로 고압산소요법 후 유리 광배근 피판술을 시행하였다. 근위부 비경골 개방성 골절 1례 및 수부 압궤 손상 1례, 폐쇄성 종골 골절 1례에서는 골절 정복 수술 이후 별다른 수술적 치료를 하지 않았으며, 합병증 없이 창상이 치유 되었다 (Table 3.).

Table 3. Summary of clinical outcome

Diagnosis	NO	Mean Healing period(days)	Good result (NO)	Poor result (NO)
Crush injury	9	15.1	6	3
Flap surgery	15	9.9	15	0
Chronic osteomyelitis	7	64.5	6	1
Diabetic foot	21	68.8	18	3
Postoperative ischemic wound	4	14.5	4	0
ASO* & Burgers' disease	13	34.8	10	3
Infection wound	8	31	7	1
Compartment syndrome	2	45	2	0
Total	79		68	11

*ASO = Atherosclerosis obliterans

2. 술 후 허혈성 창상 이환

고압산소요법을 시행 후 치유 기간은 술 후 평균 14.5일 이었다. 4례 모두에서 술 후 허혈로 인하여 색상의 변화를 보였던 창상의 상태가 호전되었다(Table 3.).

3. 동맥경화증 및 버거씨 병

치유 기간은 평균 34.8일 이었다. 동맥경화증 6례 중 3례에서 무릎 및 절단 수술을 시행하였으며, 그 중 1례는 술 후 절단면 근위부로 허혈상태가 진행되어 무릎 위 절단 수술을 추가로 시행하였다. 나머지 동맥경화증 3례 및 버거씨 병의 경우 7례 모두에서 고압산소요법 후 호전되었다(Table 3.).

4. 당뇨병성 족부 병변

당뇨병성 족부 병변의 치유기간은 평균 68.8일 이었다.

21례 중 3례에서 무릎 및 절단술을 시행하였고, 1례에서 중족족지관절 이단술, 1례에서 경족근관절 이단술 및 4례에서 족지의 절단수술을 시행하였다. 나머지 18례는 모두 호전을 보였는데 그 중 1례에서 피부이식 수술을, 1례에서는 연부 조직 결손의 보강을 위해 전외측 대퇴 유리 피판술을 시행하였으며, 4례에서 변연절제수술을 하였다(Table 3.).

5. 피부 및 피판 이식에 의한 자가 이식창의 허혈

이식 피부의 생착 기간은 평균 9.8일 이었고, 이식 피판의 생착 기간은 평균 10.0일 이었다. 피부 이식 수술 10례 중 원위부 경골 개방성 골절 1례에서 허혈성 괴사로 인해 이식 피부의 생착이 실패하여 피부 재이식 수술을 하였으며, 나머지 9례에서는 한 차례의 피부 이식 수술 후 고압산소요법으로 성공적인 생착을 보였다. 피판 이식 수술 후 고압산소요법을 시행했던 4례 중 비복근 회전 피판술을 시행했던 1례에서 염증 소견으로 인해 한 차례의 변연 절제술을 시행한 것 이외에, 전외측 대퇴 유리 피판술 1례와 광배근 유리 피판술 2례에서 모두 성공적인 생착을 보였다(Table 3.).

6. 만성 골수염

창상 치료 기간은 고압산소요법 이후 평균 64.5일이 소요되었으며, 혈침속도가 정상화 되는 기간은 총 7례 중 6례에서 평균 68.8일이 소요되었다. 1례에서 원위 경골의 골절로 인한 만성 골수염으로 3차례의 변연절제 수술 및 골 이식수술을 시행하였으며, 추시 최종 혈침속도가 45로 정상화되지 않은 상태로 추시 상 유실되었다 (Table 3.).

7. 세균 염증성 병변

세균 염증성 병변의 고압산소요법 이후 창상 치료 기간은 8례 중 괴사성 근막염 1례를 제외하고는 31일이었 다. 괴사성 근막염 1례는 치료 중 패혈증이 발생하였으며 161일의 치료기간을 보였다. 혈침속도가 정상화 되는 기간은 평균 20.8일 이었으며, 괴사성 근막염 1례는 93일 동안 혈침 속도의 수치가 높게 유지되었으며, 입원 기간 중 2차례의 변연절제술을 포함한 근육절제술을 시행 받았다. 나머지 7례 중 4례에서 변연 절제술을 시행

하였으며, 7례 모두에서 고압산소요법 후 병변의 호전을 보였다(Table 3.).

8. 구획증후군

평균 재원일수는 45일 이었다. 2례 중 1례는 하퇴부의 동맥경화증으로 인공혈관 이식 수술 후 발생한 구획 증후군으로 조직압이 28mmHg로 수술 적응증의 경계치에 있어 근막 절제술을 시행하지 않았으며, 고압산소요법 후 18일 만에 하퇴부의 조직압 정상화와 더불어 부종이 소실되었다. 다른 1례는 하퇴부의 구획증후군으로 내원 당시 조직압이 90mmHg였다. 근막절개술 후 고압산소요법을 시행하였으며 그 후 2차례의 변연절제술을 시행하여 72일 후 완치하였다(Table 3.).

9. 부작용

당뇨병성 족부 병변 1례에서 고압산소요법 3일째에 일시적인 이명 현상이 있어, 고압산소요법을 1일 동안 중단하였으며, 그 후 증상이 소실되어 고압산소요법을 재개하였다. 그 외 합병증은 발생하지 않았다.

고 찰

창상의 치유과정은 지혈기와 염증 반응기를 거쳐 증식기로 들면서 섬유 아세포에서 콜라겐이 생산되고 신생 혈관이 형성되어 진행되며, 콜라겐 합성과 창상의 강도획득에 적절한 산소 분압이 필요하다(30~40mmHg 이상). 저산소성 창상(5~15mmHg)은 치유되지 않으며 이때 고압 산소 요법으로 조직 산소 분압을 증가시킴으로써 콜라겐 및 신생 혈관의 형성을 활성화하여 치유를 촉진할 수 있다³⁾.

좌멸창(crush injury)의 경우 연부조직과 뼈 등의 손상으로 인한 급성 말초순환장애로 인해 괴사에 빠질 수 있으며, 또한 손상된 허혈성 조직에서의 조직액의 유출로 인해 부종이 생겨 세포의 산소 공급을 더욱 어렵게 한다. 고압 산소 요법은 혈관을 수축시켜 혈액 유입을 줄이고 유출을 유지시켜 조직액이 혈류로 흡입되어 최대 50%까지 부종을 감소시킨다. 혈관 수축으로 혈류가 감소되어도 높은 산소 분압으로 산소 공급이 증가 된다. 또한 혈류가 저하되어도 혈장의 높은 산소 분압은 혈류

에 의존치 않고 많은 산소를 조직에 보낼 수 있다. 그리하여 고압 산소 요법은 조직 손실을 감소시켜 절단, 이식을 피하거나 줄이고, 허혈성 근수축, 염증 등의 합병증을 방지하는데 도움이 된다. 일반적으로 수술 후 48시간 이내에 시행해야 하나 산소 공급이 없으면 비가역적 근육 손상이 생기는 4~6시간 이내에 하는 것이 이상적이다⁴⁾.

동맥 경화증이나 버거씨병을 포함하는 만성 난치성 창상은 국소에 저산소증이 동반되어 정상적인 창상 치유가 일어나지 않고 백혈구의 항균 작용이 억제되어 염증이 수반되기 쉽다. 큰 동맥이 폐색된 상태에서는 혈장이 창상에 도달하기 어려워 고압 산소 요법에 반응하지 않아 적응증이 되지 않지만, 산소분압이 35mmHg이하인 말초 혈관의 저산소성 창상인 경우 고압 산소 요법으로 성공을 기대할 수 있다⁵⁾.

피부 및 피관 이식에 의한 자가 이식창의 허혈 시, feeding vessel의 손상, 위축과 미소혈전의 형성으로 혈류가 감소되고 조직 부종이 생긴다. 고압 산소 요법은 창상에 혈관 신생을 촉진 시켜 말초 혈류가 확보될 때까지 조직의 생존을 유지하며, 술 후 수 시간 내에 시행하여 재 혈관 형성으로 인하여 이식창이 안정화되는 1~2주 동안 지속하는 것이 권장 된다⁶⁾.

당뇨병성 족부 병변은 혈관 장애, 신경병증 및 감염 등이 복합적으로 작용하여 나타나며, 혈류량은 증가하는 경향을 보이나, 동정맥 단락의 증가에 의하여 실제 조직에의 산소공급은 저하된 상태를 나타낸다⁷⁾. 고압 산소 요법은 조직으로의 산소 공급을 증가시킬 뿐만 아니라, 혈관 수축을 일으켜 부종을 감소시키고 림프에 의한 배출을 용이하게 한다⁸⁾. Leslie⁹⁾ 등은 국소에 적용한 고압 산소 요법은 당뇨병성 족부 궤양의 치료에 효과가 없으므로 반드시 전신적으로 시행할 것을 권유하였다. 난치성 만성 골수염에서는 사골(dead bone), 화농, 무혈관성 상흔 등으로 염증 부위에 백혈구, 면역 단백, 항생제 등이 도달하지 못한다. 일차적으로 수술적인 제거가 필요하나, 고압 산소 요법을 병행하여 콜라겐 합성과 모세 혈관 신생 촉진에 의한 창상 치유를 촉진 할 수 있으며, 백혈구의 살균 능력 회복을 통해 염증 치료를 활성화 할 수 있다. 또한 파골 세포가 사골을 제거하는 기전과 aminoglycoside가 세균의 세포벽을 뚫고 세포내로 침

투하는 과정에서 모두 산소가 필요하므로 고압 산소 요법이 치유를 촉진할 수 있다¹⁰⁾.

세균염증성 병변에 있어 30mmHg이상의 조직 산소 분압이 주어질 때 활성산소의 독성효과에 의해 세균의 독소 분비가 억제되며 살균이 가능하다¹¹⁾. 특히 clostridium과 같은 혐기성 세균이 의한 가스 괴저증의 경우 수술과 항생제 그리고 고압 산소 요법의 3중 병합 치료가 많은 지지를 받고 있으며, 고압 산소 요법을 초기에 강력히 시행하여 가능한 많은 조직을 생존시킨 후, 보다 적은 수술적 절제를 하는 것이 권장된다¹²⁾.

구획증후군(compartment syndrome)의 경우 동물 실험과 임상에서 고압산소요법으로 근육의 괴사 감소 및 부종의 저하를 보고하고 있다. 뚜렷한 구획 증후군의 경우 일차적인 근막 절제술이 필요하나, 신경 손상없이 구획 내 압력이 경계치에 있을 때, 근막절개술이 필요하지만 연기가 불가피 할 때, 근막절개술의 효과가 불충분할 때 고압산소요법을 시행한다¹³⁾.

그 외 고압 산소 요법의 정형외과적 적응증으로 말초 신경 손상, 골절, 사지 접합, 골괴사, 류마티스 질환 및 급성 척수 손상 등이 있다.

고압 산소 요법의 일반적인 부작용으로는 청각 장애, 이명, 두통, 심리적인 불안감등이 있으며, 2기압이상에서는 폐의 미세 혈관과 폐포 외피에 장애를 일으킬 수 있으므로 폐기능 저하가 의심되는 경우에는 반드시 폐활량 측정을 해야 한다. 3기압이상에서는 중추 신경계의 이상을 초래하기도 하며 비교적 저압으로 장기간 사용할 시 망막 분리 및 시세포의 파괴, 용혈 등이 일어날 수 있으므로 세심한 주의가 필요하다¹⁴⁾.

고압산소요법의 평가는 객관적으로 대조군을 설정해 이중맹검시험을 하여야 하나 현실적으로 매우 어렵다. 창상에 대한 치료 결과의 평가는 창상의 표면적 감소 측정과 사진 촬영에 의한 변화제시가 어느 정도 객관적 자료가 되며 그 외의 지표에 대한 평가는 신빙성이 적은 것이 사실이며¹⁵⁾, 환자 각각에 대한 정형외과적 치료도 매우 다양하여 객관적인 결과 기준 설정 및 변인 통제에 어려움이 있다. 고압산소요법의 결과 도출을 위해 보다 객관적인 기준 설정이 필요할 것으로 판단된다.

고압 산소 치료를 할 수 있는 정형외과영역의 질환이 광범위한 것에 비해, 저자들의 경우 시행한 고압 산소

요법의 적응증은 좌열창, 동맥 경화증과 버거씨병, 당뇨병성 족부 병변, 만성 골수염, 세균염증성 병변 및 구획 증후군에만 국한되어 있어, 보다 고압 산소 요법의 적응 영역을 넓히는 것이 필요할 것으로 사료된다. 또한 단일 질병에 대해서도 고압 산소 요법을 시행하는 기준이 불명확하여 주치의의 경험에 의존하는 부분이 많아, 개개의 질병에 대한 고압 산소 요법 적응 기준의 설정이 필요할 것으로 사료된다.

결 론

1998년 5월부터 2005년 12월까지 고신대학교 복음병원 정형외과에 입원 치료한 환자 중 감압병을 제외한 다른 정형외과 질환들에 대한 고압산소요법을 시행했던 69명, 79례를 대상으로 한 치료 결과를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 좌열창, 동맥경화증과 버거씨 병, 술 후 창상이환, 피부 및 피판 이식술에 따른 자가이식창의 허혈, 당뇨병성 족부병변, 만성 골수염, 세균 염증성 병변, 구획 증후군에 대해 수술적 치료 및 약물요법에 병행하여 고압산소 요법을 시행하였으며, 평균 시행 회수는 11.5회 였다.
2. 고압산소요법의 부작용으로 이명 현상이 있었으나 일시적이고 경미한 경과를 보였다.
3. 고압산소요법은 저산소성 허혈 상태를 유발하는 정형외과 영역의 창상과 병변의 치료에 수술적 치료 및 약물 요법과 병행하여 유용하게 쓰일 수 있으며, 감염과 부종으로 인한 창상에도 긍정적인 결과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다.
4. 고압산소요법의 결과는 객관적 기준 설정에 의한 대조군과의 이중맹검시험과 개개의 적응증에 대한 검증자료의 추적이 필요할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) 김근우, 양대현 : 고압산소요법의 외과적 치료. 대한의학협회지 32:150-155, 1989
- 2) 조수현, 양대현, 안형식, 강대희, 윤덕로 :다인용 고압산소치료장치 운영실적 분석-강남병원 고압산소치료센터 2년간 치료환자 898례를 중심으로. 대한의학학회지 32 : 649-656, 1989
- 3) Cohn GH : Hyperbaric Oxygen therapy : promoting healing

- in difficult cases. Postgraduate Medicine 79 : 89-72, 1986
- 4) Hosni MH : Chemistry and Biochemistry of oxygen and its partially reduced derivates, The 28th Undersea Medical Society Workshop : 201-214 Oak Ridge, Tennessee, June 20-July 1, 1983.
 - 5) Gallagher TJ : Hyperbaric oxygen therapy. In shoemaker WC(eds) : Textbook of critical care, chap 58 : 524-533, WB Saunders Co, 1989.
 - 6) Hunt TK, Niinikoski J, Zederfeldt BH, Silver IA : Oxygen in wound healing enhancement : Cellular effects of oxygen therapy, 111-122. Bethesda(MD), Undersea Medical Society, 1977.
 - 7) Scarpello JHB, Martin TRP, Ward JD : Ultrasound Measurement of pulse velocity in the peripheral arteries of diabetic subjects. Clin. Sci 58 : 53, 1980
 - 8) Bird AK, Tefler MB : Effects of hyperbaric oxygen on limb circulation. Lancet 1:355, 1965
 - 9) Leslie CA, Sapico FL, Ginunas VJ, Adkins RH : Randomized controlled trial of topical hyperbaric oxygen for treatment of diabetic foot ulcers. Diabetes Care 11:111, 1988
 - 10) Esterhai JL, Pisarello J, Brighton CT : Adjunctive hyperbaric oxygen therapy in the treatment of chronic refractory osteomyeliis. J Trauma 27 : 763-768, 1987
 - 11) 윤덕로 : 고압산소요법의 개요-역사 및 치료기전. 대한의 학학회지 32 : 122-27, 1989
 - 12) Meyers RAM : Hyperbaric oxygen therapy for gas gangrene and carbon monoxide poisoning. In Siegel JH(ed) : Trauma, emergency sugery and critical care, chap 37:1133-1169. Churchill Livingstone Inc, 1987
 - 13) Strauss MB, Hargens AR, Gershuni DH, Greenberg DA : Reduction of skeletal muscle necrosis using intermittent hyperbaric oxygen in a model comparetment syndrome. J Bone and Joint Surg 65-A : 656-662, 1983
 - 14) Hyperbaric Oxygen Therapy : A committee report. Revised. Bethesda, Undersea and Hyperbaric Medical Siciety, 1986
 - 15) Hinz, J : Clinical wound healing evaluation. Highlights International Symposium on Wound Healing. Heidelberg, West Germany, 10-12, Dec., 1987