

# Hyperbaric Oxygen Therapy for Healing Problem Wounds

ผู้ช่วยศาสตราจารย์แพทย์หญิงสุภาพร โอภาสานนท์

การรักษาผู้ป่วยด้วยออกซิเจนความกดบรรยากาศสูง (Hyperbaric Oxygen (HBO) Therapy) โดยให้ผู้ป่วยหายใจด้วยออกซิเจนบริสุทธิ์ภายใต้ความกดบรรยากาศที่มากกว่า 1 บรรยากาศ ภายในห้องปรับบรรยากาศความกดดันสูง (Hyperbaric Chamber) ใช้ในการรักษาอาการเจ็บป่วยเหตุลดความกดอากาศ (Decompression sickness - DCS) และภาวะฟองก๊าซอุดตัน หลอดเลือดแดง (Arterial Gas Embolism - AGE) ในผู้ป่วยบาดเจ็บจากการดำน้ำ (Diving accident) มาเป็นเวลานาน จนกระทั่งปัจจุบันการรักษานี้ได้ถูกประยุกต์นำมาใช้ในหลายภาวะ ทั้งผู้ป่วยทางด้านอายุรกรรมและศัลยกรรม เช่น โรคคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นพิษ (CO Poisoning) การติดเชื้อของเนื้อเยื่อที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Clostridial Gas Gangrene) การบาดเจ็บของเนื้อเยื่อ เนื่องจากการบดขยี้ (Crush Injury, Acute Traumatic Ischemia) โรคแผลหายยากที่มีปัญหาซับซ้อน (Problem Wound) อย่างไรก็ตามยังมีข้อสงสัยถึงประสิทธิภาพของการรักษาด้วย Hyperbaric Oxygen Therapy (HBOT) ในหลายๆ สถานการณ์<sup>1</sup> จากการทบทวนผลของการใช้ HBOT ในผู้ป่วยยังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจนถึงผลการรักษา เนื่องจากมีข้อจำกัดในการศึกษาและทำวิจัยอยู่มาก ความรู้เกี่ยวกับ HBOT ทั้งด้านกลไกทางกลศาสตร์ เทคนิคการให้ HBOT แก่ผู้ป่วย ข้อบ่งชี้และผลแทรกซ้อนที่จะเกิดขึ้น จึงมีความจำเป็นแก่บุคลากรทางการแพทย์ที่จะพิจารณาใช้ HBOT รักษาผู้ป่วย

## ประวัติของ Hyperbaric Oxygen therapy (HBOT)

การรักษาด้วย HBOT ได้เริ่มเป็นครั้งแรกในศตวรรษที่ 17 ในประเทศอังกฤษเมื่อได้มีการสร้างห้องที่มีขนาดใหญ่พอที่จะให้คนเข้าไปอยู่ และมีความแข็งแรงพอที่จะทนทานต่อการอัดอากาศที่มีความดันสูงเข้าไป<sup>2</sup> ในปี 1873 HBO ถูกใช้รักษาครั้งแรกในผู้ป่วยที่มีอาการเจ็บป่วยเหตุลดความกดอากาศ (Decompression sickness) ในผู้ป่วยที่ลงไปอยู่ใต้น้ำลึกกว่า 70 ฟุต แล้วขึ้นมาสู่วิว

น้ำเร็วเกินไป โดย Paul Bert ต่อมาในศตวรรษที่ 19 Hyperbaric Chamber ได้นำมาใช้ในการรักษาความเจ็บป่วยมากขึ้น ปี 1921 Dr. Orville Cunningham สร้าง Chamber ที่สามารถใช้ได้หลายคนพร้อมกันเพื่อรักษาผู้ป่วย ผลจากสงครามโลกครั้งที่ 2 ทำให้มีการศึกษาเรื่อง HBOT เป็นอย่างมาก เนื่องจากมีความสำคัญในทางทหารที่ต้องดำน้ำลึกหรือกลุ่มของนักบิน หลังจากนั้นมีความสนใจที่จะใช้ HBOT ในทางการแพทย์อีกครั้ง โดยศัลยแพทย์หัวใจชาวฮอลแลนด์ ใช้ HBOT กับผู้ป่วยเด็กหลังผ่าตัดหัวใจ<sup>3</sup> นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้ HBOT กับโรคต่างๆ เช่น การติดเชื้อที่ผิวหนัง การเป็นพิษจากคาร์บอนมอนอกไซด์ บาดแผลจากการฉายรังสี บาดแผลไฟไหม้<sup>4</sup> อีกด้วย

## เทคนิคการให้ Hyperbaric Oxygen Therapy

HBOT เป็นการรักษาโดยให้ผู้ป่วยหายใจด้วยออกซิเจนบริสุทธิ์ภายในห้องหรือ chamber ที่ออกแบบจำเพาะที่มีแรงดันภายในสูงกว่าแรงดันบรรยากาศ ณ ระดับน้ำทะเล โดยส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 2-3 เท่า หรือ 2-3 บรรยากาศสัมบูรณ์ (atmospheric absolute – ata) โดยออกซิเจนที่หายใจเข้าไปในนั้นจะเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือดไปเลี้ยงทั่วร่างกาย หากแต่การบริหารออกซิเจนส่วนใหญ่จะให้ป็นระยะ (intermittent) เพื่อลดผลข้างเคียงจากออกซิเจน

## Hyperbaric Chamber

ปัจจุบันเครื่องปรับบรรยากาศความกดดันสูง (Hyperbaric Chamber) มีทั้งชนิดที่เป็น chamber ขนาดใหญ่ที่ใช้รักษาผู้ป่วยได้พร้อมกันหลายคน ที่เรียกว่า Multichamber หรือ Multiplace และชนิดที่เป็นใช้รักษาผู้ป่วยได้ครั้งละหนึ่งคน เรียกว่า Monochamber หรือ Monoplace ซึ่งเป็นชนิดที่มีใช้ส่วนใหญ่ในโรงพยาบาล แต่การแบ่งชนิดของห้องปรับบรรยากาศตาม National Fire Protection Association (NFPA – 99 Health care Facilities) ได้แบ่งห้องปรับบรรยากาศออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ Class A ใช้กับคน เข้าได้ครั้งละหลายคน Class B ใช้กับคนเข้าได้ครั้งละหนึ่งคน และ Class C ใช้กับสัตว์ ไม่มีคนเข้าไปอยู่ภายใน ทั้ง Class A, B และ C ต้องผลิตให้ได้ตามมาตรฐานของ American Society of Mechanical Engineers (ASME) Boiler and Pressure Vessel Code Section VIII, Division 1 หรือ 2 เพื่อให้มั่นใจว่าวัสดุอุปกรณ์ที่นำมาใช้รวมทั้งกระบวนการในการผลิตได้มาตรฐานความปลอดภัยสำหรับผู้ที่เข้าไปอยู่ภายในหรือในระหว่างการใช้งาน ก่อนการรักษาด้วย HBOT จะต้องมีการตรวจประเมินผู้ป่วยโดยละเอียดเพื่อป้องกันและลดโอกาสการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้น<sup>1</sup>

### 1. Monochamber หรือ Monoplace

ใช้รักษาผู้ป่วยได้ครั้งละหนึ่งคน ภายใน chamber เป็น 100% oxygen ความดันที่ใช้ส่วนใหญ่ไม่เกิน 3 ATA สามารถติดต่อสื่อสารกับผู้ป่วยด้วยทางโทรศัพท์สื่อสารที่ติดมากับเครื่อง ผู้ป่วยสามารถนอนดูทีวี นอนหลับพักผ่อนได้ในขณะที่เข้ารับการรักษา (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 Monochamber หรือ Monoplace

## 2. Multichamber หรือ Multiplace

ใช้รักษาผู้ป่วยได้ครั้งละ 2-18 คน ตามแต่ขนาดของเครื่อง ผู้ป่วยจะหายใจด้วยออกซิเจน 100% ทางหน้ากากให้ออกซิเจน ในเครื่องสามารถปรับความดันได้ถึง 6 ATA ผู้ป่วยที่นั่งรถเข็นหรือเปลนอนสามารถเข้าไปในเครื่องเพื่อรับการรักษาได้ แพทย์/พยาบาลจะเข้าไปในเครื่องพร้อมกับผู้ป่วย ขณะที่เข้ารับการรักษาได้ ผู้ป่วยสามารถนั่งอ่านหนังสือ นอนหลับพักผ่อนได้ในขณะที่เข้ารับการรักษา (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 Multichamber หรือ Multiplace

### การใช้ออกซิเจนความกดบรรยากาศสูงในการรักษาโรคต่างๆ

ข้อบ่งชี้ในการรักษาด้วย HBO มี 13 โรคที่กำหนดตาม *Undersea and Hyperbaric Medicine Society (UHMS)*<sup>5</sup>

1. Air of Gas Embolism: ฟองอากาศอุดตันในกระแสเลือด
2. Carbon Monoxide Poisoning, Carbon Monoxide Poisoning Complicated By Cyanide Poisoning: พิษจากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

3. Clostridial Myositis and Myonecrosis (Gas Gangrene): แผลติดเชื้อ Clostridia ที่กล้ามเนื้อ
4. Crush Injury, Compartment Syndrome and Other Acute Traumatic Ischemias: แผลบดขยี้หรือแผลบวมมาก แผลขาดเลือดจากอุบัติเหตุ
5. Decompression Sickness: โรคน้ำหนึบเป็นภาวะสมองขาดเลือดจากการดูดตันของก๊าซไนโตรเจนในน้ำดำน้ำ
6. Arterial Insufficiencies:
  - Central Retinal Artery Occlusion
  - Enhancement of Healing in Selected Problem Wounds: แผลที่มีปัญหาในการหาย
7. Exceptional Blood Loss (Anemia): ภาวะโลหิตจาง
8. Intracranial Abscess: ฝีในสมอง
9. Necrotizing Soft Tissue Infections: การติดเชื้อที่แผล
10. Osteomyelitis (Refractory): การติดเชื้อที่กระดูก
11. Delayed Radiation Injury (Soft Tissue & Bony Necrosis): แผลเรื้อรังจากการฉายแสง
12. Compromised Grafts and Flaps: แผลผ่าตัดตกแต่งเนื้อเยื่อ
13. Acute Thermal Burn Injury: แผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก
14. Idiopathic Sudden Sensorineural Hearing Loss (New! approved on October 8, 2011 by the UHMS Board of Directors)

### ผลที่เกิดขึ้นจากการรักษาของ Hyperbaric Oxygen Therapy<sup>6-9</sup>

1. Hyperoxygenation
2. Hyperoxia Enhanced Antimicrobial Activity
3. Neovascularization
4. Vasoconstriction
5. Reducing Reperfusion Injury
6. Gas Bubble Reduction

ผู้ป่วยหายใจในอากาศปกติที่บรรยากาศในระดับน้ำทะเลมักจะมีความดันออกซิเจนในเลือดแดงประมาณ 90 mmHg และมีความดันออกซิเจนในเนื้อเยื่อประมาณ 55 mmHg เมื่อผู้ป่วยหายใจอากาศภายใต้ความดัน 3 เท่าของบรรยากาศ ออกซิเจนในถุงลมปอดมีความดัน 2,180 mmHg และในเลือดแดงประมาณ 1,800 mmHg และในเนื้อเยื่ออย่างน้อย 500 mmHg หลังจากที่ผู้ป่วยกลับมาหายใจที่ความดันปกติ ออกซิเจนในเนื้อเยื่อจะลดลงซึ่งอาจจะใช้เวลาเป็นนาทีถึงชั่วโมงขึ้นอยู่กับจำนวนเลือดที่ไปเลี้ยงเนื้อเยื่อนั้น นอกจากการเพิ่มออกซิเจนให้แก่เนื้อเยื่อแล้ว ผลของ HBOT ต่อร่างกายคือการกระตุ้นให้เกิดการสร้างเส้นเลือดขึ้นใหม่บริเวณที่ขาดเลือดไปเลี้ยง กระตุ้นให้เม็ดเลือดขาวทำงานได้ดีขึ้น และลดการบวมของเนื้อเยื่อ ดังนั้นข้อบ่งชี้ที่ใช้ HBOT รักษา มากที่สุด คือการกระตุ้นให้มีเลือดไปเลี้ยงในเนื้อเยื่อที่ขาดเลือด

ตารางที่ 1 และ 2<sup>10-26</sup> แสดงผลจากการรักษาด้วย Hyperbaric Oxygen Therapy ตามแต่ละข้อบ่งชี้

ตารางที่ 1

Indication	Mechanisms for Efficacy
Acute thermal burns	Reduced edema Infection control Increased epithelization and graft take
Clostridial myositis and myonecrosis	Suppression of toxin production Enhanced neutrophil function Antibiotic potentiation
Other necrotizing soft tissue infections	Enhanced neutrophil function Antibiotic potentiation
Compromised skin grafts	Increased neovascularization Reduced edema
Compromised flaps	Amelioration of ischemia-reperfusion injury Reduced edema



ตารางที่ 2

<b>Crush injury, compartment syndrome, and other acute ischemias</b>	Amelioration of ischemia-reperfusion injury Reduced edema
<b>Osteoradionecrosis</b>	Increased neovascularization
<b>Soft tissue radionecrosis</b>	Increased neovascularization
<b>Refractory osteomyelitis</b>	Enhanced neutrophil function Antibiotic potentiation Increased osteogenesis
<b>Problem wounds</b>	Increased neovascularization Increased collagen deposition Increased epithelization Reduced edema Reduced inflammation Enhanced neutrophil function
<b>Diabetic Foot Ulcers (Wagner Grade 3+)</b>	Increased granulation Enhanced neutrophil function Reduced edema

**ภาวะแทรกซ้อนของการรักษาด้วยออกซิเจนความกดบรรยากาศสูงที่อาจเกิดขึ้นได้<sup>๖</sup>**

เมื่อใช้การรักษาตามแนวทางการรักษามาตรฐานด้วยความดันออกซิเจนไม่เกิน 3 บรรยากาศ และการรักษาแต่ละครั้งไม่เกิน 120 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่มากที่สุด **การรักษาด้วยวิธีให้ออกซิเจนความกดบรรยากาศสูงนี้จะมีความปลอดภัย** อย่างไรก็ตามภาวะแทรกซ้อนของการรักษาด้วยออกซิเจนความกดบรรยากาศสูงอาจเกิดขึ้นได้ แต่พบได้ไม่บ่อยนัก และมักเป็นภาวะแทรกซ้อนที่ไม่รุนแรง หรือสามารถหายได้เองหลังจากหยุดให้การรักษาด้วย HBOT ภาวะแทรกซ้อนที่อาจพบได้ แบ่งเป็น

1. *Related to the effects of pressure on enclosed gas spaces* ภาวะแทรกซ้อนที่สัมพันธ์กับความกดบรรยากาศที่สูง
  - Barotrauma
    - Ear barotrauma/squeeze  
Middle ear barotrauma เป็นภาวะแทรกซ้อนที่พบบ่อยที่สุด โดยพบได้ 2%

- Sinus barotrauma/squeeze

ผู้ป่วยบางรายอาจมีอาการหูอื้อ ปวดหู หรือไซนัส เกิดจากผู้ป่วยปรับความดันในโพรงอากาศในอวัยวะเหล่านี้ได้ไม่ดี หรือในผู้ป่วยที่เป็นหวัดอยู่ ทำให้การปรับความดันหูทำได้ยาก

- Pneumothorax

- Tooth pain/ Tooth squeeze

อาจพบอาการปวดฟันได้ (Tooth squeeze) หรือมีลมในช่องอก (Pneumothorax) แต่พบน้อยมาก เป็นผลของความดันเปลี่ยนแปลงเร็ว คือ การบาดเจ็บจากภาวะความดัน ในรายที่เป็น pneumothorax มักพบในผู้ป่วยที่มีโรคปอดอยู่แล้ว จึงจำเป็นต้องตรวจร่างกายผู้ป่วยและตรวจเอกซเรย์ปอดก่อนการรักษาด้วย HBOT เสมอ เพื่อลดโอกาสเกิดภาวะแทรกซ้อน

จะเห็นว่าภาวะแทรกซ้อนที่สัมพันธ์กับความกดบรรยากาศที่สูง สามารถป้องกันได้ก่อน โดยการซักประวัติ และตรวจร่างกายผู้ป่วยอย่างละเอียดทุกครั้งก่อนให้การรักษาด้วย HBOT

## 2. *Related to the toxic effects of oxygen* ภาวะแทรกซ้อนที่สัมพันธ์กับการได้รับออกซิเจนสูง

- Neurological oxygen toxicity (CNS toxicity)

การสูดหายใจเอาความเข้มข้นของออกซิเจนสูงภายใต้ความกดดัน อาจกระตุ้นให้เกิดอาการชัก (Seizures) แต่พบนี้น้อยมาก (Incidence: 2.0-2.4 ATA (1/10,000, 0.01%)) และสามารถหายได้เอง และมีผลเสียหายต่ออวัยวะไม่ถาวร จึงควรเฝ้าระวังในผู้ป่วยที่มีประวัติเคยชัก โดยอาจให้ยากันชักก่อนเข้ารับการรักษา<sup>27</sup>

- Pulmonary oxygen toxicity

การรักษาด้วยวิธีให้ออกซิเจนความกดบรรยากาศสูงซ้ำๆ ผู้ป่วยบางรายอาจมีอาการแน่นหน้าอก (Dyspnea) ปวดรื้อนใต้หน้าอก (Retrosternal chest discomfort) การไอ (Cough) ซึ่งอาการเหล่านี้จะทุเลาและหายไปเองหลังจากหยุดให้การรักษาด้วย HBO

- Ocular oxygen toxicity

- Reversible myopia



ภาวะสายตาสั้นที่สามารถแก้ไขกลับมาได้เป็นภาวะที่พบได้ ปัจจุบันยังไม่ทราบสาเหตุแต่จะหายไปได้เองหลังจากหยุดให้การรักษาด้วย HBO

#### - Cataract formation

การเกิดต้อกระจกไม่ได้พบทั่วไปในผู้ป่วยที่ทำการรักษาตามแนวทางการรักษามาตรฐาน

เราสามารถลดโอกาสเกิดภาวะแทรกซ้อนที่สัมพันธ์กับการได้รับออกซิเจนสูงได้โดยการให้ผู้ป่วยหายใจด้วยอากาศ (Air Breaks) 5-10 นาทีคั่นระหว่างให้การรักษาเมื่อใช้ความดันสูงเกินกว่า 2 บรรยากาศ

### สรุป

การใช้ออกซิเจนความกดบรรยากาศสูง (Hyperbaric Oxygen Therapy) ในทางการแพทย์มีประวัติมายาวนาน มีข้อบ่งชี้ในการใช้ที่ชัดเจน และอาจมีประโยชน์ในการรักษาโรคอื่นๆด้วย ซึ่งต้องอาศัยการวิจัยต่อไปในอนาคต การใช้ออกซิเจนความกดบรรยากาศสูงในการรักษาผู้ป่วยมีประโยชน์ แต่ก็อาจพบภาวะแทรกซ้อนได้บ้างแต่ไม่รุนแรง การเลือกผู้ป่วยที่เหมาะสม รวมถึงการดูแลด้วยแพทย์ พยาบาลที่มีความรู้ความชำนาญเฉพาะทางจะช่วยลดโอกาสเกิดภาวะแทรกซ้อนและความรุนแรงต่างๆ ได้ เพื่อให้ผู้ป่วยได้รับการรักษาที่คุ้มค่าและมีประสิทธิภาพที่สุด

### เอกสารอ้างอิง

1. Sheridan RL, Shank ES. Hyperbaric Oxygen Treatment: A Brief Overview of a Controversial Topic. J Trauma. 1999;47(2):426-35.
2. Tibbles PM, Edelsberg JS. Hyperbaric-oxygen therapy. N Engl J Med. 1996;334:1642-8.
3. Bernard WF, Tank ES. The effect of oxygen inhalation at 3.0 to 3.6 atmospheres absolute upon infants with cyanotic congenital heart disease. Surgery. 1963;54:203.
4. Marx RE, Johnson RP. Studies in the radiobiology of osteoradionecrosis and their clinical significance. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1987;64:379-90.

5. Gesell LB (ed): Hyperbaric Oxygen Therapy Indications. Durham, NC, Undersea and. Hyperbaric Medical Society, 2008.
6. Mandell GL. Bacteriicidal activity of aerobic and anaerobic polymorphonuclear leukocytes. Infect Immun. 1974 February;9(2):337-41.
7. Neuman TS, Thom SR. Physiology and Medicine of Hyperbaric Oxygen Therapy, 1ed.
8. Knighton DR, Silver IA, Hunt TK. Regulation of wound-healing angiogenesis-effect of oxygen gradients and inspired oxygen concentration. Surgery. 1981;90:262-70.
9. Zamboni WA, Wong HP, Stephenson LL. Effect of hyperbaric oxygen on neutrophil concentration and pulmonary sequestration in reperfusion injury. Arch Surg. 1996;131:756-60.
10. Bayne CG. Acute decompression sickness: 50 cases. JACEP. 1978;7:351-4.
11. Grube BJ, Marvin JA, Heimbach DM. Therapeutic hyperbaric oxygen: help or hindrance in burn patients with carbon monoxide poisoning? J Burn Care Rehabil. 1988;9:249-52.
12. Raphael JC, Elkharrat D, Jars-Guinestre MC, et al. Trial of normobaric and hyperbaric oxygen for acute carbon monoxide intoxication. Lancet. 1989;2:414-9.
13. Mansfield MJ, Sanders DW, Heimbach RD, Marx RE. Hyperbaric oxygen as an adjunct in the treatment of osteo-radionecrosis of the mandible Current advances in reconstruction of the mandible in head and neck cancer surgery. J Oral Surg. 1991;7:47-57.
14. Zamboni WA, Wong HP, Stephenson LL, Pfeifer MA. Evaluation of hyperbaric oxygen for diabetic wounds: a prospective study. Undersea Hyperb Med. 1997;24:175.

15. Faglia E, Favales F, Aldeghi A, et al. Change in major amputation rate in a center dedicated to diabetic foot care during the 1980s: prognostic determinants for major amputation. *J Diabetes Complications*. 1998;12:96-102.
16. Riseman JA, Zamboni WA, Curtis A, Graham DR, Konrad HR, Ross DS. Hyperbaric oxygen therapy for necrotizing fasciitis reduces mortality and the need for debridements. *Surgery*. 1990;108:847-50.
17. Zamboni WA, Mazolewski PJ, Erdmann D, et al. Evaluation of penicillin and hyperbaric oxygen in the treatment of streptococcal myositis. *Ann Plast Surg*. 1997;39:131-6.
18. Murphy BP, Harford FJ, Cramer FS. Cerebral air embolism resulting from invasive medical procedures. Treatment with hyperbaric oxygen. *Ann Surg*. 1985;201:242-5.
19. Dutka AJ. A review of the pathophysiology and potential application of experimental therapies for cerebral ischemia to the treatment of cerebral arterial gas embolism. *Undersea Biomed Res*. 1985;12:403-21.
20. Haapaniemi T, Nylander G, Sirsjo A, Larsson J. Hyperbaric oxygen reduces ischemia-induced skeletal muscle injury. *Plast Reconstr Surg*. 1996; 97:602-7; discussion 608-9.
21. Kindwall EP, Gottlieb LJ, Larson DL. Hyperbaric oxygen therapy in plastic surgery: a review article. *Plast Reconstr Surg*. 1991;88:898-908.
22. Tai YJ, Birely BC, Im MJ, Hoopes JE, Manson PN. The use of hyperbaric oxygen for preservation of free flaps. *Ann Plast Surg*. 1992;28:284-7.
23. Bouachour G, Cronier P, Gouello JP, Toulemonde JL, Talha A, Alquier P. Hyperbaric oxygen therapy in the management of crush injuries: a randomized double-blind placebo-controlled clinical trial. *J Trauma*. 1996;41:333-9.
24. Niezgoda JA, Cianci P, Folden BW, Ortega RL, Slade JB, Storrow AB. The effect of hyperbaric oxygen therapy on a burn wound model in human volunteers. *Plast Reconstr Surg*. 1997;99:1620-5.

25. Shoshani O, Shupak A, Barak A, et al. Hyperbaric oxygen therapy for deep second degree burns: an experimental study in the guinea pig. *Br J Plast Surg.* 1998;51:67-73.
26. Capes JP, Tomaszewski C. Prophylaxis against middle ear barotrauma in US hyperbaric oxygen therapy centers. *Am J Emerg Med.* 1996;14:645-8.
27. Davis JC, Dunn JM, Heimbach RD. Hyperbaric medicine: patient selection, treatment procedures, and side effects. In: Davis JC, Hunt TK, editors. *Problem wounds: the role of oxygen.* New York: Elsevier Science, 1988:233- 5.