

압축천연가스 버스의 폭발로 인한 다량의 손상

한양대학교병원 응급의학과, 한양대학교 구리병원 응급의학과¹

장석희¹ · 강보승¹ · 최혁중¹ · 강형구 · 임태호

— Abstract —

Accidental Injuries from Explosion of a Compressed Natural Gas Bus

Seok Hee Jang, M.D.¹, Hyuk Joong Choi, M.D.¹, Hyung Goo Kang, M.D.,
Tae Ho Lim, M.D., Bo Seung Kang, M.D.¹

Department of Emergency Medicine, Hanyang University Hospital, Seoul, Korea
Department of Emergency Medicine, Hanyang University Guri Hospital, Guri, Korea¹

Purpose: During August 2010, a natural gas fuel cylinder on a bus exploded in downtown Seoul, injuring 20 citizens. This kind of blast injury has never been reported in Korea before. Thus, the goal of this study was to review the clinical features of these victims to help physicians manage similar cases and to understand the risk factors associated with blast injuries in everyday life.

Methods: Twenty (20) victims who visited nearby emergency departments, and 3 peoples left hospital without care. Seventeen (17) victims were included in this study, and the following factors were investigated: age, sex, type of hospital, diagnosis of injury, injury mechanism, position of victim (in-bus/ out of bus), classification of injury severity with START (simple triage and rapid treatment), and classification of injury according to the mechanism of the blast injury.

Results: The victims included 8 males (47%), 9 females (53%). The mean age was 37.5 ± 12 . Thirteen (13) victims were transferred to two tertiary hospitals, and 4 were transferred to two secondary hospitals. The types of injury were 3 fractures, 2 ligaments injuries, 6 contusions, 4 abrasions, and 3 open wounds (one of them was combined fracture). According to START classification, 17 victims were 1 immediate, 11 minor, 5 delayed, and no death. Classifications according to the mechanism of the blast injury were 1 primary injury, 6 secondary injuries (2 of them combined other mechanism), 3 tertiary injuries and 9 quaternary injuries.

Conclusion: Trauma care physicians should be familiar with not only the specific types of injuries from blast accidents, but also the potential accidents that may occur in public facilities. (J Korean Soc Traumatol 2011;24:129-135)

Key Words: Wounds and injuries, Multiple trauma, Blast injuries

* Address for Correspondence : **Bo Seung Kang, M.D.**

Department of Emergency Medicine, College of Medicine, Hanyang University, Hanyang University Guri Hospital, 249-1, Gyomoon-dong, Guri-si, Gyunggi-do, Korea

Tel : 82-31-560-2055, Fax : 82-31-560-2056, E-mail : olivertw@hanyang.ac.kr

접수일: 2011년 7월 7일, 심사일: 2011년 7월 14일, 수정일: 2011년 10월 5일, 승인일: 2011년 10월 25일

I. 서 론

2010년 8월, 서울 도심에서 운행 중이던 시내버스의 연료용기가 폭발하여 버스 승객과 근처의 시민들이 손상을 받는 사건이 발생했다.

고에너지의 폭발사고는 흔히 대량손상의 가능성이 높는데 국내에선 1977년 익산 화약열차 폭발사고 이래 1993년 경기도 연천 예비군 부대 폭발사고, 1994년 서울 아현동 도시가스 폭발, 1995년 대구 지하철 공사장 도시가스 폭발 사고, 1998년 경기도 부천시 LP가스 충전소 폭발사고, 2008년 1월 경기도 이천의 냉동창고 폭발 화재사건 등이 대표적인 폭발사고로서 대량의 사상자가 발생한 바 있다.(1-4) 이와 같은 고에너지 폭발손상은 군대 내 무기 폭발과 같은 특수한 환경에 의한 것과 일상생활용 도시가스 누출이 화염에 촉발된 것이 대부분이었으나 금번 버스 연료용기 폭발에 의한 손상은 국내에서 처음 발생한 새로운 유형의 폭발사고에 의한 것이다.(1-4)

Compressed natural gas (CNG) 버스로 잘 알려져 있는 천연가스 버스는 기존의 디젤엔진 버스에 비하여 연료 효율이 높고 대기 오염물질 배출이 적어서 2000년부터 서울시에 도입이 되어 2011년 3월 현재 약 7000여대의 버스가 운행을 하고 있다.(5) 1980년대 초반 미국에서 처음 상용화된 이래 매우 안전한 것으로 알려져 있지만, 아시아를 중심으로 연료 실린더 용기의 폭발사고가 꾸준히 보고돼 왔고 국내에선 지난 10년간 5~6차례 연료용기 폭발사고가 보고된 바 있다.(6) 이 사건들은 종점과 가스 충전소에서 사고가 일어나 인명피해가 없었으나 이번에는 운행 중에

폭발하여 많은 부상자가 발생했다.

고에너지 폭발손상은 폭발파의 기전에 따라 다양하게 4 가지 양상으로 나타나는데 최근에는 빈도가 낮아서 경험적은 의료진의 경우 잘 숙지하지 않으면 미숙한 대처와 일부 손상은 지연진단을 초래할 수도 있다.(7-9) 저자들은 국내에서 처음 발생한 새로운 유형의 폭발사고인 CNG 버스 폭발에 의한 손상환자들을 경험했기에 보고한다. 본 연구의 목적은 피해자들의 특성을 분석함으로써 향후 유사한 사고가 발생시 병원 전 단계와 병원단계에서 환자들의 처치와 진료에 도움이 되고자 함이다.

II. 대상 및 방법

2010년 8월 9일 서울 시내 도로에서 승객 15명을 태우고 운행 중이던 CNG 버스의 연료용기가 폭발하는 사고가 발생했다. 본 연구는 이로 인해 의료기관을 방문한 피해자 20명(사법기관에서 파악한 피해자) 중 치료 없이 귀가한 3명을 제외하고 나머지 17명을 대상으로 했고 이들에 대해 유관기관 기록 검토, 관계자 면담, 병원의무기록 검토를 통해 아래 7가지의 사항들을 후향적으로 조사했다.

조사항목은 나이와 성별, 최초 이송병원의 중별 분류(1, 2, 3차 의료기관), 손상 경위와 진단, 폭발 당시 위치(버스 내/외, 버스 내의 경우 피해자 좌석위치), 폭발손상 기전에 따른 손상분류, 중증도 분류로 하였다(Table 1). 손상 관련 조사는, 3차 의료기관에 내원한 환자들은 병원 의무기록 검토와 의료인 면담을 통해 시행했고 1, 2차 의료 기관을 방문한 환자들은 직접 전화면담을 통해 조사의 목적을 밝

Table 1. The mechanism of the blast injury

Category	Characteristic	Body part affected	Types of injury
Primary	Unique to high energy blast, results from the impact of the overpressurization wave with body surfaces.	Gas filled structures are most susceptible - lungs, GI tract, and middle ear	Blast lung (pulmonary barotrauma) TM rupture and middle ear damage Intestinal perforation Globe (eye) rupture Traumatic amputation
Secondary	Results from flying debris and bomb fragments	Any body part may be affected	Penetrating ballistic (fragmentation) or blunt injuries Eye penetration (can be occult)
Tertiary	Results from individuals being thrown by the blast wind	Any body part may be affected	Fracture and traumatic amputation Closed and open brain injury
Quaternary	All explosion-related injuries, illnesses, or diseases not due to primary, secondary, or tertiary mechanisms. Includes exacerbation or complications of existing conditions.	Any body part may be affected	Burns (flash, partial, and full thickness), crush injuries Closed and open brain injury Asthma, COPD, or other breathing problems from dust, smoke, or toxic fumes, angina, hyperglycemia, hypertension

힌 뒤 동의 후에 정보를 수집하였다. 또한, 폭발 당시, 버스 주변 동영상이 촬영된 CCTV 영상을 통해 폭발과의 영향과 방향을 리뷰했다. 폭발손상 기전에 따른 손상분류는 표1의 Candole(8) 등이 제시한 4단계 분류에 근거하여 응급의학 전문의 2인이, 확보한 환자의 정보들을 검토하여 합의토론 (consensus conference)을 통해 결정했다. 중증도 분류는 1, 2차 의료기관으로 이송된 환자들의 경우 소방에서 제공한 자료를, 3차 의료기관으로 이송된 환자들은 병원 의무기록 검토와 의료진 면담을 통해 START (Simple Triage And Rapid Treatment) 방법(Fig. 1)을 이용하여 시행했다.

III. 결 과

1. 사건 개요와 환자 발생

2010년 8월 9일 서울 시내 도로에서 승객 15명을 태우고 운행 중이던 CNG 버스가 폭발했다. 바닥 면 외부에 장착돼 있던 8개의 압축천연가스 연료용기 중 첫 번째 용기가 폭발하는 사고였다(Fig. 2). 이로 인해 버스 내부에 있던 승객 15명 전원과 버스 외부의 측면에 정차해있던 오토바이 운전자 1인, 트럭(용달차) 운전자 2인, 인도에서 보행 중이던 2인, 모두 20인이 충격을 받고 가까운 의료기관 4곳의 응급센터로 119에 의해 이송됐다(Table 2). 저자들은 사법기관의 조사기록을 바탕으로 하여, 3차 의료기관에 이송된 환자들은 병원 의무기록 검토 혹은 의료진 면담을 시행했고, 2차 의료 기관으로 이송된 환자들은 소방서의

관련 기록 검토 혹은 의료진 면담을 통해 앞서 언급한 7가지의 사항들을 후향적으로 조사했다.

인도를 보행하던 초등학생 2명과 바로 옆을 지나던 오토바이 운전자는 병원으로 이송되긴 했으나 증상이 경미하여 본인들이 진료를 거절하고 바로 귀가 하였고 이로 인해 필요한 정보를 모두 얻을 수 없었다. 취소자 3명을 제외한 17명 환자들의 성별은 남자가 8명(47%) 여자가 9명(53%), 평균연령은 37.53±12.1(22-51)였다.

2. 초기 중증도 분류와 최초 이송병원

사고현장에는 성동, 광진, 동대문, 3개 구의 소방서가 출동해서 상기 20명을 근처 의료기관 4곳의 응급센터로 이송했는데 3차 병원 2곳에 각각 10명(접수 취소자 초등학생 2명 포함)과 6명(접수 취소자 오토바이 운전자 1명 포함)을, 그리고 2차 병원 2곳에 각각 2명을 이송했다(Table 2). 저자들은 지휘를 맡은 동대문 소방서로부터 환자들을 이송한 병원과 손상관련 정보를 확보하고 START법을 이용하여 초기 중증도를 분류했다(Fig. 1). 현장에서 가장 가까운 3차 의료기관 응급센터를 방문한 10명 중 진료를 시행한 8명은 응급센터에서 시행한 초기 활력징후를 포함하여 중증도를 분류했고, 그 외의 2, 3차 의료기관 3곳의 응급센터로 이송되어 진료를 받은 9명과, 접수 취소자 3명의 환자들은 모두 보행이 가능했기 때문에 비응급(minor)으로 분류했다(Table 2). 20명은 각각 긴급(immediate) 1명, 비응급(minor) 14명, 지연(delayed) 5명 이었고 사망환자는 없었다. 긴급으로 분류된 1명은 다량의 출혈로 쇼크가 발

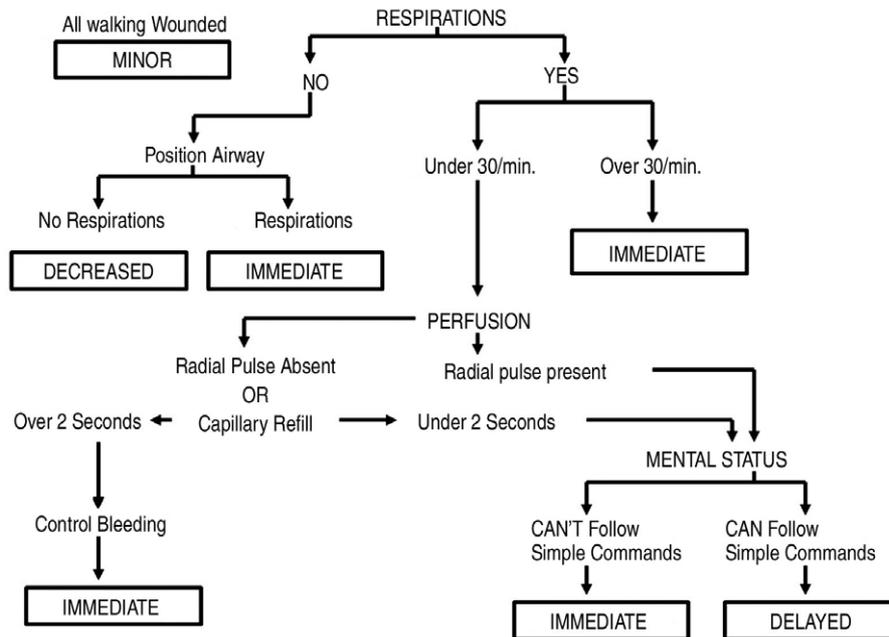


Fig. 1. Simple Triage and Rapid Treatment (START)

생했고 응급수술 후 급성 신부전이 발생했다.

3. 손상의 종류와 폭발손상기전에 따른 손상의 분류

1) 손상의 종류와 부위

총 20명의 환자중 골절이 발생한 환자는 3명, 골절부위는 발목, 골반, 척추, 요골이었다. 인대손상 환자는 2명, 열상 환자는 3명(골절 동반 환자 1명 포함), 찰과상 환자는 4명, 타박상 환자는 6명, 아무 손상을 받지 않은 환자는 3명(접수 취소자)였다. 구체적인 손상내용은 Table 2와 같았다.

2) Candole(8) 등의 폭발손상기전에 따른 손상의 분류

폭발파에 의한 1차 손상은 긴급으로 분류된 1명에서 확인됐는데, 양 발꿈치뼈의 광범위 개방성 골절 손상과, 골절선이 천골을 포함한 3-5번 요추의 중앙을 통과하여 좌우로 양분시키는 척추골절손상이 진단됐다. 2차 손상은 폭발에 의해 날아온 파편과 물체에 의한 찰과상과 열상으로 6명에서 확인됐고, 폭발로 신체가 튕겨져나가면서 충돌에 의해 발생하는 3차 손상은 3명에서 확인됐다. 4차 손상은 8명에서 확인됐는데 버스를 탈출하는 과정에서 발생한 골절과 찰과상였다(Table 2).

4. 버스 내 폭발위치와 피해자들의 위치

폭발이 발생한 제일 앞부분의 버스 연료용기와 접수 취소로 정확한 위치 확인이 불가능하였던 3인을 제외한 나머지 17명(접수 취소자 제외) 피해자의 폭발 당시 위치는 Fig. 2와 같다. 중증도 분류에서 긴급으로 분류됐던 환자 1명(Fig. 2의 1번)은 폭발이 일어난 연료 용기 바로 위의 좌석에 앉아있던 버스 내 승객였고 폭발손상 기전 상 4차 손상에 의한 골절 환자의 위치는 그림2에서 4번, 17번였다. 버스 외 손상 환자는 2명였는데 사고차량 옆 차선에서 정차 중이던 트럭 운전자였다.

IV. 고 찰

2010년 8월 서울 도심에서 압축천연가스 버스의 연료용기가 폭발하여 긴급손상 1명, 지연손상 5명, 마이너 손상 14 명, 총 20명의 환자가 발생한 사고가 있었다. 본 폭발사고로 인한 손상은 과거 90년대의 대규모 폭발사고들에 비해 사상규모가 훨씬 적었으나 국내에서 최초로 경험하는 대중교통 버스의 연료용기 파열로 인한 폭발 손상이라는 점에서 그 의의가 있다. 또한, 무엇보다도 지난 십 여 년간 폭발사고로 인한 손상이 드물었다는 점에서 다시 한번 이런 종류의 손상에 대한 대비가 필요하다는 점에서 의료인들의 주의를 환기시킨 측면이 있다. 그리고, 아직 정확한

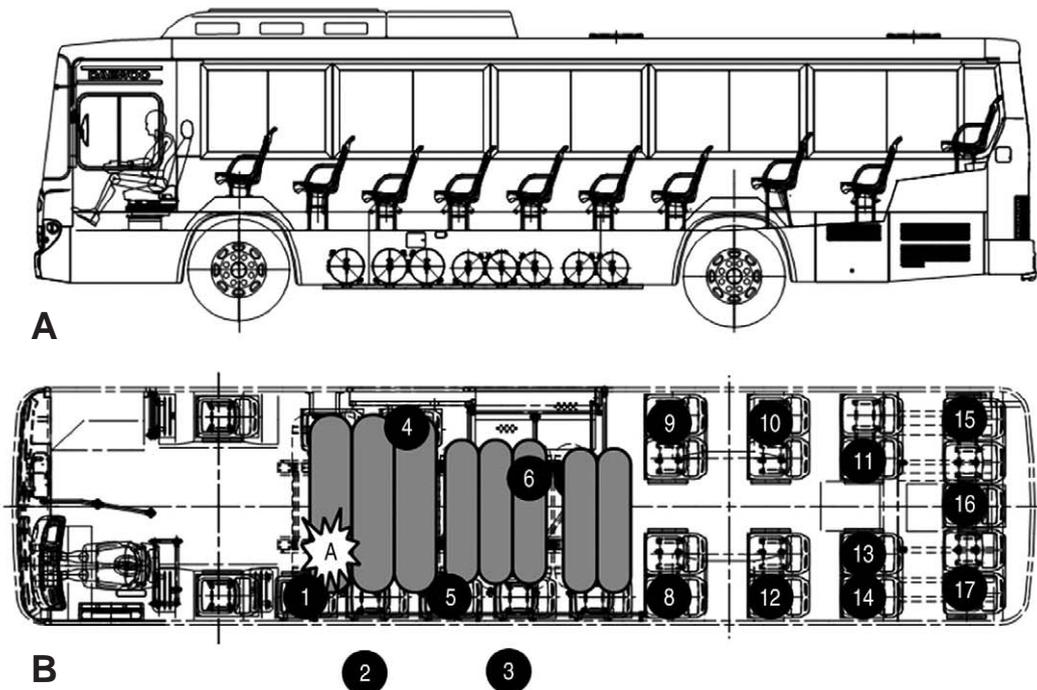


Fig. 2. (A) A lateral view of the CNG bus with eight fuel cylinders under the floor. (B) The floor plan shows the location of the fuel cylinders and the passengers (A: the exploded cylinder). The numbers of the passengers are identical to those of patients in Table 2.

원인규명이 발표되진 않았으나, 과거의 폭발손상이 대부분 누출된 가스가 화염에 의해 촉발되는 양상이었던 반해 이번 천연가스 용기의 폭발은 표준 이하의 재질 강도와 시간에 따른 재질의 부식에 의해 고온의 여름 낮 날씨가 더해져, 고압의 가스를 견디지 못하고 용기의 파열이 발생하면서 고압이 해제되는 양상의 폭발이었을 가능성이 높다는 점에서 기존 폭발손상의 기전과 차이가 있다.(10) 현장에서 그을음과 같은 화염의 증거가 검출되지 않은 점과 최근 국내의 동일 연료용기 버스의 폭발분석은 위와 같은 추론을 뒷받침한다.

압축천연가스 버스가 자동차 매연에 의한 공해를 줄이기 위해 1980년대 초 미국에서 처음 도입된 이래 실린더 연료 용기의 폭발은 세계 여러 지역에서 지속적으로 보고돼왔다. 국내의 경우 2009년 7월 전북 익산의 충전소에서, 2008년 7월에도 충북 청주에서 비슷한 폭발 사고가 있었고 2008년 이전에도 3년 동안 3차례나 더 있었다.(11) 앞선 2차례의 사고는 다행히도 종점에서 사고가 일어나 인명피해가 없었던 반면, 이번에는 운행 중에 사고가 발생해 많은 부상자가 발생한 것이 차이점이다.

대개의 경우 폭발은 액체 혹은 고체의 원인물질이 폭발

된 후 매우 짧은 시간 내에 가스로 변환되면서 발생한다. 가스는 급속히 폭발원점으로부터 바깥 쪽으로 팽창하면서 공기 혹은 물과 같은 주변의 매개체를 변위시키고 이러한 가스의 팽창은 압력의 급상승을 초래하고 이후 거리와 시간에 따라 소멸되는 폭발파를 형성한다. 폭발파는 주변 공기를 변위시키면서 상당한 속도의 바람을 형성하고 이로 인해 사람과 물체가 급작스레 튕겨져나가면서 손상을 입게 된다. 폐쇄된 공간 내에 고압의 기체가 압축돼있다가 해제되면서 발생하는 폭발은 상기 과정 중 폭발물질이 가스로 변환되는 과정만 생략되고 나머지는 동일하다.(7,13) 앞서 언급했듯이 본 연구의 경우는 후자에 해당할 가능성이 매우 높는데, 자체 결함이 있을 것으로 추정되는 연료용기 실린더는 이탈리아에서 수입된 제품으로 지난 10년 동안 단 한 차례의 안전점검도 받지 않은 것으로 나타났다.(14) 즉, 모니터링 부재에 의한 예방 가능한 인제적 측면이 강하다고 할 수 있다.

역사적으로 불 때 폭발에 의한 손상유형은 1, 2, 3차 손상으로 분류되고 이에 속하지 않는 그 밖의 손상은 4차 손상이라는 용어를 사용한다.(15-16) 1차 손상은 초기의 폭발파가 희생자의 몸에 직접 부딪히면서 발생하는데, 주

Table 2. Injuries of the CNG bus explosion

No.*	Sex	Age	Injuries	Transferred Hospital [†]	Location of victims	START [†]	Mechanism of blast injury
1	F	28	Calcaneal open fracture, both Lumbar fracture, 3rd-5th Sacral fracture	3	Passenger	immediate	1
2	M	50	Ankle contusion, Rt	3	Near Car driver	minor	3
3	M	51	Multiple contusions	3	Near Car driver	minor	3
4	F	22	Distal radius fracture, Rt Knee laceration, both	3	Passenger	delayed	2,4
5	M	31	Hand laceration, Rt Chin laceration	3	Passenger	delayed	2,3
6	M	62	Forehead abrasion	2	Passenger	minor	2
7	M	25	Forehead abrasion	2	Passenger	minor	2
8	M	25	Multiple abrasion	3	Passenger	minor	2
9	M	33	Scalp Laceration	3	Passenger	delayed	2
10	F	49	Leg contusion, Lt	2	Passenger	minor	4
11	F	46	Ankle sprain, Rt	2	Passenger	minor	4
12	F	40	Elbow contusion, Rt Abdominal contusion	3	Passenger	minor	4
13	F	29	Ankle abrasion, Lt	3	Passenger	minor	4
14	F	24	Cerebral concussion, Knee contusion, Rt	3	Passenger	minor	4
15	M	26	Ankle sprain, Rt	3	Passenger	minor	4
16	F	48	Hip contusion, Lt	3	Passenger	delayed	4
17	F	49	Calcaneal fracture, both	3	Passenger	delayed	4

*: The identification number of patient corresponds identically to that of the Fig. 2.

†: The grade of hospital: secondary and tertiary, †: simple triage and rapid treatment

로 공기와 조직이 인접해있는 부분이 손상을 받고 높은 사망률과 직접적인 연관이 있다. 빈도가 높은 손상기관은 공기를 많이 포함하고 있는 폐, 위장관, 청력 시스템인데, 청력손상의 경우 폭발파의 최고압력이 35 kPa 정도로 낮은 수준에서도 발생하고 가장 흔한 1차 손상으로 알려져 있다. 반면에 폐나 장관의 손상은 적어도 75-100 kPa 정도의 압력에서 발생하고 그래서 상대적으로 빈도가 낮은 것으로 알려져 있다.(17-18) 본 연구에서도 나타난 외상성 절단 혹은 그에 준한 개방성 골절손상은 일부 연구자들의 경우 4차 폭발손상으로 분류하기도 하지만 대부분의 경우 1차 손상으로 간주된다.(7,13) 그래서 외상성 절단손상이 나타나면 다른 추가적인 1차 폭발손상이 있는지 의심해야 한다. 이번 사고에서 가장 심한 손상을 받고 긴급으로 분류됐던 27세 여성의 경우 양 발꿈치뼈의 광범위 개방성 골절 손상과, 골절선이 천골을 포함한 3-5번 요추의 중추를 통과하여 좌우로 양분시키는 척추골절손상을 입었는데, 이는 버스 바닥면과 접촉한 골반과 발바닥을 통해 좌석 바로 아래에서 발생한 폭발의 폭발파가 신체의 중심라인과 하지 말단에 직접 전파되면서 발생한 1차 폭발손상으로 판단된다. 서울 시내에서 운행 중인 압축천연가스 버스의 연료용기 내의 압력은 보통 2만 kPa 정도로 충분히 고막, 폐, 위장관 등에 1차 손상을 초래할 수 있는 폭발파임에도 이러한 유형의 손상은 없었는데 이는 버스의 바닥면이 방어막 역할을 해서 폭발파가 공기 중으로 전파되지 않았기 때문으로 추정된다.(12) 이러한 폭발파에 의한 사지 근골격계의 1차 손상은 극초기 사망률과 상당한 관계가 있고 또한 지연사망을 예측하는 불량 예후인자와도 관련있는 것으로 대규모 연구들은 지적하고 있다.(12) 앞서 언급한 증례에서도 환자는 개방성 상처부위를 통한 대량의 출혈로 출혈성쇼크를 나타냈고 이후 수술 후에도 급성 신부전이 발생하여 중환자실 치료를 받았었다.

2차 손상은 폭발에 의해 발생하는 부서진 콘크리트, 깨진 유리조각, 금속조각, 등의 파편이 흩어지면서 희생자의 신체에 접촉하여 발생하는 관통상과 둔상이 이에 해당한다.(12) 이런 조각 혹은 파편이 날라가서 손상을 유발시킬 수 있는 거리는 일반적으로 폭발파의 최고 압력이 미치는 거리보다 훨씬 길다. 그래서 조각과 파편들이 폭발 원점으로부터 수 백 미터 떨어진 위치까지 2차 폭발손상을 유발시킬 수 있는 반면에, 1차 폭발 손상은 대개 길어봤자 수십 미터 내에서 발생한다.(19) 결과적으로 2차 손상의 빈도가 1차 보다 훨씬 높는데 본 연구에서도 열상과 찰과상의 형태로 6 명에서 관찰됐다.(20-21) 2차 손상의 유형이 경증이었던 이유는 연료 실린더 용기의 파편이 대부분 버스 바닥 면에서 일차로 제지되어 버스 내부 승객들에게 미치지 못했기 때문으로 사료된다.

3차 손상은 폭발파에 의해 환자의 신체가 튕겨져 나가

서 땅이나 벽 등에 각 종 신체부위를 부딪히며 발생되게 되는데 주로 머리의 둔상 혹은 개방성 손상 등으로 나타난다.(12) 이번 사고의 동영상이 녹화된 CCTV를 리뷰한 결과 버스 옆에 정차해있던 2대의 용달차들은 폭발파에 의해 상당한 좌우 움직임을 받은 것으로 확인됐고 이를 근거로 내부의 운전자들이 받은 손상들은 3차로 분류했다. 4차 손상은 앞서 언급한 것처럼 상기 1~3차 손상에 속하지 않는 그 밖의 것으로, 화상, 연기흡입과 같은 각 종 독극물에 노출, 기도폐색, 정신적 외상, 건물이나 구조물 붕괴 등에 의한 손상들이 대표적이다.(7) 본 사고에서는 버스 내부의 승객들이 창문을 통해 외부로 탈출하는 과정에서 발생한 찰과상, 열상, 골절 등이 포함된다.

이번 사고에 대한 병원 전 단계의 대처는 큰 문제가 없었던 것으로 판단된다. 물론, 과거의 심각한 폭발손상에 의한 대규모 인명피해에 비해 작은 환자규모와 낮은 중증도였기 때문에 대처의 어려움이 상대적으로 덜 했을 것으로 생각되나 서울 도심의 3개 소방서에서 충분한 장비와 인력이 즉시 동원됐고 평소의 훈련대로 환자의 중증도 분류 체계가 무난하게 적용됐기 때문인 것으로 사료된다.

손상에 대한 최고의 치료가 예방이라고 할 때, 이번 사고가 시사하는 점은 상당하다. 사고의 정확한 원인은 아직 조사 진행 중이나 화염의 증거가 없다는 점과 국내의 선행 사례들에 대한 분석 및 문헌고찰을 볼 때, 고압천연가스 연료 실린더 자체의 결함일 가능성이 가장 높다.(10) 이런 위험한 장비에 대한 정기점검의 누락과 업체 및 국가기관의 관련 법령체계가 미미했던 점, 그리고 무엇보다도 인명피해를 동반하지 않은 유사한 사고가 수 년 전부터 국내에 있어왔음에도 예방적 조치가 시행되지 않은 점은 본 사고손상의 가장 큰 요인이라고 판단된다.(10,11)

본 연구는 다음과 같은 제한점이 있다. 첫째, 모든 대상 환자의 의무기록을 검토한 것이 아니기 때문에 조사방법에 한계가 있다. 둘째, 장기추적을 못해서 외상후스트레스 증후군 같은 추가적인 4차 손상은 확인할 수 없었다. 셋째, 폭발의 파편들이 장거리까지 이동하여 손상을 줄 수 있으나 본 연구에선 조사되지 않았다는 점이다.

V. 결 론

2010년 8월 서울 도심에서 압축천연가스 버스의 연료용기가 폭발하여 버스 내외에서 각각 15명, 5명 그리고 중증도 상 긴급손상 1명, 지연손상 5명, 마이너 손상 14명, 총 20명의 환자가 발생한 사고가 있었다. 폭발 기전 상 1차 손상은 1명, 2차 손상은 6명, 3차 손상은 3명, 4차 손상은 8명에서 나타났고 사망은 없었다. 사고의 정확한 원인은 아직 조사 중이나 화염의 증거가 없고 국내의 선행 사례들에 대한 분석 및 문헌고찰을 볼 때, 고압천연가스 연료 실

린더 자체의 결합에 의한 고압가스의 해제가능성이 높다. 외상 진료와 관련한 의료진은 물론 폭발파에 의한 특징적인 손상을 잘 숙지하는 것 외에 손상의 가장 중요한 치료가 예방이고 본 사고는 사실 상 점검을 누락한 인재라는 점에서, 공공생활 속에서 이런 위험한 장비에 의한 손상의 가능성에 대해서도 지속적인 관심을 갖는 것도 중요할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) Shin JH, Kim JK, Yeom SL, Shin JH, Min SS, Lim YS, et al. Injuries and Their Complications after Urban Area Fires. *J Kor Soc Emerg Med* 2001;12:338-44.
- 2) Choi JT, Ahn ME, Ahn HC, Choi YM, Chung JB, Seo JY, et al. Analysis of Victims of the Fire that Broke Out at a Beer Bar in Incheon. *J Kor Soc Emerg Med* 2001;12:511-7.
- 3) Do BS, Lee SB, Doh HS, Lee CH, Shim MC, Kwun KB. Analysis of regional disaster plan with the review of gas explosion disaster in taegu, korea. *J Kor Soc Emerg Med* 1995;6:336-42.
- 4) Kim YJ, Park NH, Lee JS, Ryoo HW, Park JB, Seo KS, et al. An Analysis of Disaster Recognition in Medical Personnel and 119 Rescuers after Daegu Subway Disaster. *J Kor Soc Emerg Med* 2006;17:395-405.
- 5) Chamberlain S, Modarres M. Compressed Natural Gas Bus Safety: A Quantitative Risk Assessment. *Risk Analysis* 2005;25:376-87.
- 6) Lee GS. NGV: The Safety challenge. Asia Pacific Natural Gas Vehicles Association Available at: http://www.angva.org/Clients/angva/images/assets/form/iran2cnefinal_240709.pdf Accessed June 20, 2011
- 7) Wightman JM, Gladish SL. Explosions and blast injuries. *Ann Emerg Med*. 2001;37:664-78.
- 8) de Candole CA. Blast injury. *Can Med Assoc J*. 1967;96:207-14.
- 9) Centers for disease control and prevention. Explosions and Blast injuries Available at: <http://www.bt.cdc.gov/masscasualties/explosions.asp> Accessed June 20, 2011
- 10) Park CS, Jeon SW, Moon JE, Lee KJ. An explosion of a CNG fuel Bessel in an Urban Bus. *J Forensic Sci* 2010;55:538-41.
- 11) 한국일보 기사. 과거 7차례의 CNG 버스 폭발 available at: http://pdf.hankooki.com/hk/view_hk.htm?exec=viewsearch&height=1338&GCC=AA01099&PaperDate=&PageNo=&PageName=&CNo=79667049&COI=&NCT=&scope=0&keyword=%25ED%2596%2589%25EB%258B%25B9%25EB%258F%2599&period=4&startdate=2010-12-30&enddate=2011-06-30&page=3&page_size=10&idx=28&stat=search
- 12) Wolf SJ, Bebartha VS, Bonnett CJ, Pons PT, Cantrill SV. Blast injuries. *Lancet* 2009;374:405-15
- 13) DePalma RG, Burris DG, Champion HR, Hodgson MJ. Blast injuries. *N Engl J Med* 2005;352:1335-42.
- 14) Available at: <http://www.nocutnews.co.kr/show.asp?idx=1549756>
- 15) Mellor SG. The pathogenesis of blast injury and its management. *Br J Hosp Med* 1988;39:536-9.
- 16) Zuckerman S. Experimental study of blast injuries to the lungs. *Lancet* 1940;2:219-24.
- 17) Arnold JL, Tsai MC, Halpern P, Smithline H, Stok E, Ersoy G. Mass-casualty, terrorist bombings: epidemiological outcomes, resource utilization, and time course of emergency needs (Part I). *Prehosp Disaster Med* 2003;18:220-34.
- 18) Yang Z, Wang Z, Tang C, Ying Y. Biological effects of weak blast waves and safety limits for internal organ injury in the human body. *J Trauma* 1996; 40 (suppl): 81-4.
- 19) Wildegger-Gaissmaier A. Aspects of thermobaric weaponry. *ADF Health* 2003;4:3-6.
- 20) Aharonson-Daniel L, Klein Y, Peleg K. Suicide bombers form a new injury profile. *Ann Surg* 2006; 244:1018-23.
- 21) Alfici R, Ashkenazi I, Kessel B. Management of victims in a mass casualty incident caused by a terrorist bombing: treatment algorithms for stable, unstable, and in extremis victims. *Mil Med* 2006;171:1155-62.
- 22) <http://citmt.org/Start/thanks.htm> -START 분류법 Available at: <http://citmt.org/Start/thanks.htm> accessed June 20, 2011
- 23) 국가 기록원 홈페이지. available at: <http://contents.archives.go.kr/next/content/listSubjectDescription.do?id=001886&pageFlag=C> accessed June 20, 2011