

爆創 (Blast Injury) review article

NEJM vol. 352 no.13, March 31, 2005

早朝カンファランス 2005. 4 仲田

通常爆弾 (conventional bombs)

爆弾による衝撃波は2相に分かれ、高圧の衝撃波の後、爆風 (blast wind, air in motion) が来る。衝撃波の物理は線形ではなく複雑である。爆発による衝撃は中心距離から指数関数的に減少する。室内での爆発は壁、物体で衝撃波が反射し重傷となる。

高機能爆弾 (Enhanced-blast explosive devices)

一つの爆弾から更に小さな爆弾が散布され二次爆発を引き起すもので殺傷力が高い。テロの際、爆弾の位置、種類に注意。イラク、イスラエルの爆弾テロでは群集の中で穿通外傷を起し殺傷力を増すように金属片が爆弾に仕掛けられている。

爆創の種類

①. 一次爆創 (Primary blast injury) : 空気圧による外傷 (barotrauma) 陽圧または陰圧による barotraumas(圧外傷)であり空気で満たされた組織または空気-水境界 (肺胞-血管など) を損傷する。鼓膜破裂、肺損傷、空気塞栓、大腸破裂などを起す。鼓膜は爆発で最も頻繁に、かつ最も低圧で損傷されるので、爆創の有無のスクリーニングに使われる。

バス爆破で生存した 647 例の内、鼓膜破裂のみ 142 例、胸部外傷のみ 18 例、両者合併 31 例、腸管損傷 2 例であった。 (Primary blast injury after a bomb explosion in a civilian bus, Ann. Surg 1989;209:484-8)

2004 年 3 月のマドリードの列車爆破での犠牲者 243 例のうち、鼓膜破裂 99 例、胸部外傷 97 例、穿通外傷 89 例、骨折 44 例、熱傷 45 例、眼外傷 41 例、腹部外傷 12 例、外傷性切断 5 例であった。 重傷肺外傷 17 例の内、鼓膜破裂があったのは 13 例、鼓膜破裂なしが 4 例であった。 (Casualties treated at the closest hospital in Madrid, March 11, terrorist bombings. Crit Care Med 2005;33:S107-112)

大気圧より 5 psi (0.34 気圧) 多いだけでも (1 気圧=14.7psi) 鼓膜は破裂する。 一時的な neurapraxia の為、難聴、耳鳴り、めまいが起こり鼓膜損傷のヒントになる。

圧が強いと耳小骨の脱臼、卵円窓破裂を起こし永久的な難聴を起す。

鼓膜以外の臓器を損傷するには 56~76psi(3.8~5.2 気圧)が必要である。 もし鼓膜が正常ならその他の空気を含む臓器の損傷はありえない。

鼓膜の次にやられやすいのは肺である。肺胞-血管境界での圧格差の為、ここが破壊され出血、肺挫傷（bihilar butterfly pattern）、気胸、血胸、気縦郭、皮下気腫を起す。
Air embolism で脳、脊髄損傷を起こすこともある。鎧を着ることで兵士の体幹の穿通外傷は防ぎ生存率は上がるが primary blast injury (barotrauma)は防げない。
大腸は primary blast injury で最もやられやすい腹腔臓器である。大腸、まれに小腸の破裂を起す。腸間膜虚血で遅発性に大腸、小腸破裂を起すことがある。固形臓器（肝、腎、脾）の損傷は非常に高圧の爆発か、爆発の中心付近で起こる。
眼球の損傷は、眼球破裂、網膜炎など。

②. Secondary blast injury（発射体による外傷）

爆弾の多くは金属片（Shrapnel）が入っており穿通外傷を起す。

③. Tertiary blast injury(爆風による外傷)

爆風によりビル、飛行機が破壊されそれにより起こる外傷。Crush syndrome, compartment syndrome が起こる。Compartment syndrome の特徴的サインは外傷の程度にそぐわない激痛である。また他動的にその筋肉を動かすと痛がる。時に臀部、腹部の腹直筋の compartment syndrome を起すことがある。骨盤骨折で腹腔内圧が上昇し開腹、除圧を要することがある。このような場合、創外固定で骨盤を固定し出血を減らす。
阪神大震災では 41000 人の外傷、5500 人の死者が出たが、生きて病院に着いても 24 時間以内の下敷きでは死亡率 20%、24 時間以上では 40%であった。

④. Quaternary blast injury（熱傷、窒息、有毒ガス）

2001 年 9 月 11 日、アルカイダによる旅客機でのペンタゴン攻撃ではこれによる外傷が多かった。ナパーム弾はアルミニウム粉にガソリンを混ぜたもので粘着性と発火時間を増やす。南アフリカでは焼夷弾がテロに使われている。通常爆弾では爆発自体で酸素が消費されてしまう為、火は出ない。焼夷弾テロでは、多数の熱傷患者が発生するため、その準備が必要である。

爆創の治療：密室での爆発は肺外傷が多い！

爆発発生連絡を受けたら病院は、救急室の前にトリアージエリアを設け外科以外の医師がトリアージを担当する。ここは汚染除去にも使用する。小外傷治療には別のエリアを設けておく。「爆発物の種類と爆発の場所」の情報は有用である。

例えば、バスのような密室では屋外での爆発の時よりも primary blast injury, 肺外傷が多い。1996 年、イスラエルの 2 件のバス爆破では、52 人の生存者の内、22 例が気管挿管(42%)、

10 例に chest tube 挿入（19%）が行われたが、同じ年のイスラエルの屋外での爆発では 190 例の内、13 例に気管挿管（7%）、5 例に chest tube 挿入（3%）が行われたに過ぎない。1995 年オクラホマ市の爆破では 388 人の生存者の内、気管挿管は 7 例（2%）であった。

戦場での原則は「最大多数の幸福（the greatest good for the greatest number）」である。爆発の犠牲者の治療はまず airway, breathing, circulation の確保であり circulation の維持は収縮期血圧を 100 以上、脈拍 120 以下、意識を正常に保つ。手術前に急速輸液すると出血量を増やす。

爆発の犠牲者は耳鏡で鼓膜をチェックする。爆発による鼓膜破裂は辺縁が irregular で出血を伴うが、慢性の鼓膜穿孔では辺縁が smooth で出血がない。

鼓膜が正常で、呼吸正常、呼吸困難と腹痛がなければ重傷の primary blast injury は除外できる。鼓膜が破れていれば胸部 X 線を撮り、最低 8 時間は観察を要する。Primary blast injury は遅発性であることで悪名高い。

酸素飽和度をモニターする。飽和度低下は症状がなくとも「blast lung」の警告サインである。

鼓膜破裂の治療は患者は耳を洗ったり、外耳道をいじることを避け、水泳を禁止し、抗生物質入り軟膏を使用し治癒が起これば耳鼻科へ紹介する。小さな穿孔なら数週間で治癒する。イラクでの爆弾テロでは、兵士の耳内が汚染されていることが多かったが速やかに抗生物質の点耳を行う。

杭創（impalement injury）では、手術室以外で物体を取り除いてはならない。ただし搬送を容易とする為、物体を短くするのは良い。

骨折で四肢がひどく折れ曲がっている時は慎重にまっすぐにしてから副子をつける。

開放骨折は多量のガーゼで覆って副子をつけ広域抗生物質、破傷風予防を開始する。

爆発でガラスが割れた場合はとくに眼外傷が多い。異物で眼球が穿孔している場合、現場で取り除いてはならない。清潔な紙コップを眼球を圧迫しないように当て搬送する。

眼球の化学熱傷では最低 60 分間、生食で洗浄を続ける。

テロでの小児外傷は、オクラホマでの爆発では四肢切断、骨折、頭部外傷が多かった。

イスラエルでのバス爆破では小児では体幹の穿通外傷が多かった。

爆発での妊婦外傷では、胎児の損傷は羊水で守られている為、稀である。しかし胎盤と子宮壁の境界が損傷されて胎盤剥離を起こすことがある。妊娠第 2 期、3 期の妊婦で爆発にあった場合は入院の上、胎児のモニターをすべきである。