



# Взривна травма на слуховия анализатор

*Auditory Blast Injury*

Хр. Златанов<sup>1</sup>, В. Цветков<sup>1</sup>, Ст. Стоянов<sup>2</sup>, К. Асенова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Клиника "Оториноларингология", ВМА – София

<sup>2</sup>Клиника по оториноларингология, МИ-МВР – София

Chr. Zlatanov<sup>1</sup>, V. Tsvetkov<sup>1</sup>, St. Stoyanov<sup>2</sup>, K. Asenova<sup>1</sup>

\*ENT Clinic, Military Medical Academy, Sofia

\*\*ENT Clinic, Ministry of Interior Medical Institute

## Abstract

The frequency of of blast injury incidents raised incredibly during the last years of XX century. This is due to the industrial expansion, the increased use of explosive weapons and the tremendous enhancement of world's terrorism.

Auditory blast injuries are frequent in the military contingent, but also encountered among civilians after terroristic attacks, public incidents and production crashes. The main symptoms are pain, hearing loss, tinnitus and otohemorrhage.

Approximately 70 – 80% of tympanic blast ruptures heal spontaneously; 40 – 50% during the 1st month and the others till the end of the 2<sup>nd</sup>. Spontaneous healing depends on the size and location of the rupture.

Studying the causes and clinic of acute acoustic blast injury will lead to early recognition and adequate treatment of this pathology, decreasing the complications, improving the outcome, better life quality and earlier social reintegration of the victims with acute acoustic blast injury.

**Keywords:** blast injury, ear, hearing, balance

## Резюме

Взривните травми значително зачестиха през последните години на XX век. Това се дължи както на индустриалната експанзия, така и на увеличената употреба на взривни оръжия и неимоверното разрастване на терористичната активност в световен мащаб.

Взривната травма на слуховата система се наблюдава най-често сред военни, но се среща и сред цивилния контингент при терористични атаки, битови инциденти и производствени аварии. Основни симптоми при взривна травма на ухото са болка, намален слух, шум в ушите и отохематорея.

Около 70 – 80% от взривните руптури на тъпанчевата мембрана заздравяват спонтанно, 40 – 50% през първия месец, а останалите до 2 месеца след нараняването. Спонтанното зарастване зависи от размера и разположението на руптурата.

**В**зривните травми значително зачестиха през последните години на XX век. Това се дължи както на индустриалната експанзия, така и на увеличената употреба на взривни оръжия и неимоверното разрастване на терористичната активност в световен мащаб.

По данни на Международния червен кръст в 70 държави ежесечно загиват или биват ранени от мини около 2000 души. За периода 1990-1995 год. ФБР е регистрирало в САЩ 15700 криминални бомбени инциденти с 355 смъртни случая и 3176 ранени. Експлозиите, причинени от индустриални и битови технически устройства, са по-редки. Разбирането на механизмите на тези травми и тяхното детайлно познаване е от полза за всички медицински лица.

Взривните травми традиционно се разделят на четири категории: първични, вторични, третични и смесени.

- ♦ **Първичните травми** се причиняват от директния ефект на свръхналягане върху тъканите. Въздухът се свива по-лесно от водата, поради което се засягат органите, изпълнени с въздух – ухо, бял дроб, гастроинтестинален тракт.
- ♦ **Вторичните взривни травми** се причиняват от летящи обекти.
- ♦ **Третичните взривни травми** са характерни за експлозии с голяма енергия и се получават, когато хората летят във въздуха и се сблъскват с други предмети.



Изучаването на причините, демографската характеристика и клиника на взривната травма на слуховия анализатор ще доведе до ранно разпознаване и адекватно лечение на тази патология. Това е свързано с намаляване на усложненията, подобряване на изхода, качеството на живот и социална реинтеграция на пострадали с взривна травма на слуховия анализатор.

**Ключови думи:** взривна травма, ухо, слух, равновесие

♦ **Смесените взривни травми** включват всички видове травми, причинени от експлозия.

Взривната травма на слуховия анализатор обикновено е първична и включва руптура на тъпанчевата мембрана, разрушаване на костици, кохлеарни увреди, попадане на чужди тела във външния слухов проход и тъпанчевата кухина. Взривните травми на ухо са обект на много проучвания (4, 6, 7, 27, 28, 34, 35, 36, 43). За първи път взривна травма на ухото е описана през 1872 година (10). Cohen JT и съавт. отбелязват, че ухото е най-често засяганият орган при експлозия. Първичната травма на слуховата система често се пропуска. Белези на травма на ухо обикновено са налични още при първичното изследване. Тя трябва да се подозира при всеки болен с намаление на слуха, тинитус, оталгия, вертиго, кървене от външен слухов канал, тъпанчева руптура или мукопурулентна оторрея. Всички пациенти, изложени на взрив, трябва да бъдат прегледани от оториноларинголог и да преминат отологично изследване и тонална прагова аудиометрия.

**Таблица 1.** Източници на шумово въздействие в цивилни и военни условия

| Звук  | Интензитет (dB) |
|---|-----------------|
| Огнестрелни оръжия                              | 140 до 170      |
| Реактивен двигател                              | 140             |
| Рок концерт, дизелов локомотив, стерео слушалки | 110 до 120      |
| Мотоциклет                                      | 90              |
| Разговор  | 60              |
| Тиха стая                                       | 50              |
| Шепнене   | 30 до 40        |

### Демографска характеристика на взривна травма на слуховия анализатор

Историческите данни показват, че увредата на външното ухо и тъпанчевата мембрана, средното ухо и кохлеята, предизвикани от взривна травма, е често срещано явление. Военновременните увреди са източник на най-големите серии на слухова травма. Данните от Втората световна война показват, че взривен травматизъм е наблюдаван при 5.8% от 36000 пациенти, лекувани в 108-ма Обща болница в Париж; от тях 36.7% са били с руптура на тъпанчевата мембрана. Взривната слухова травма се наблюдава най-често сред военните (9, 31). Изследване на Spirov върху военен контингент открива преходно нарастване на прага на слуха (умора) веднага след стрелби при 84, 25% от случаите. В ретроспективно проучване Roth и сътр. установяват взривни слухови травми при 147 войници.



Според Gold и съавт. шумът е неизбежен при военни учения. Те изследват слуха на 1000 доброволци преди постъпване на военна служба и 4 месеца по-късно. Чрез аудиометрични тестове и индивидуални въпросници е установено, че след базови тренировки 33.7% от изследваните имат намаление на слуха във високочестотния спектър (6-8 KHz), 3% имат шумово-индуцирана загуба на слуха (2-5 KHz), а 60% са с нормален слух. Лявото ухо се засяга по-често и по-тежко.

Relausa и съавт. изследват развитието на шумово индуцирана загуба на слуха при канадски военни и ефективността от профилактичните програми. В проучването са проследени 134 мъже и жени на възраст 20 – 30 години. Анализът на резултатите показва, че аудиограмите при постъпването и след три години се характеризират с разлика в перцепцията на 6-kHz, което говори за шумово-индуцирана загуба на слуха, но средната прагова стойност остава в нормални граници. В края на третата година 11% от пехотинците имат лека до умерена загуба на слуха на лявото ухо.

Изследване на Ylikoski и сътр. при 699 офицери от Финландската армия показва, че в 68% от случаите шумовата загуба на слуха вследствие на употреба на огнестрелни оръжия се наблюдава сред по-възрастни индивиди, а едва 26% са под 30 години.

Взривна травма на слуховия анализатор може да бъде наблюдавана и сред цивилен контингент при терористични атаки. (11, 12, 20, 28, 30, 41) Katz E и съавт. разглеждат характера на отологичната травма при взрива на 6 kg експлозив, поставен под седалка на автобус в пренаселения център на Ерусалим. Сред хоспитализираните пострадали е открита висока честота на първична взривна травма, включително перфорация на тъпанчева мембрана (76%), взривна травма на белия дроб (38%) и абдоминална взривна травма (14%). Данните на Rahog AL след бомбените взривове в Бирмингам през 1974 година сочат, че всеки четвърти пострадал, постъпил в болница се оплаква от намаление на слуха. Анализът на данните за жертвите след терористична бомбена експлозия в търговски център на Финландия показва, че от 160 ранени 44 имат травми на ушите. (25)

### Клинична характеристика на взривна травма на слуховия анализатор

Отологичните увреди при взрив включват:

- ◆ Външно ухо
  - ◇ травми на външното ухо – причинени най-често от летящи обекти;
  - ◇ травми на хрущяла.

- ◆ Тъпанчева мембрана
  - ◇ крайно чувствителна на бързи промени в атмосферното налягане;
  - ◇ взривното свръхналягане навлиза през външния слухов проход, обтяга и премества мембраната медиално;
  - ◇ предизвиканите патологични промени са разнообразни – от интрамембранни хеморагии до перфорации;
  - ◇ перфорациите са едностранни или двустранни, от малки до тотални, единични или множествени;
  - ◇ формата на перфорацията може да бъде линейна или лацерирана, а ръбовете ѝ може да са подгънати или неразмествени.
- ◆ Средно ухо
  - ◇ разрушаване на оскуларната верига;
  - ◇ развитие на възпалителен процес в средно ухо и мастоидния израстък;
  - ◇ кондуктивна и сензорна загуба на слуха, вестибуларни нарушения, парализа на кракиални нерви, усложнения от страна на централната нервна система.
- ◆ Вътрешно ухо
  - ◇ увреди на слуховите и вестибуларните компоненти на вътрешното ухо, представени от тежка дефинитивна загуба на слуха и отпадане на функцията на периферния вестибуларен анализатор;
  - ◇ временни нарушения на прага на слуха – траещи часове или дни след взривна травма.

### Основни симптоми от страна на слуховия анализатор, наблюдавани след взрив

Според Spremo S. и съавт. основните симптоми при взривна травма на ухото са болка, глухота и отохематорея. Mrena R. и съавт. наблюдават 29 пациенти с хронична травма на ухо след взривен терористичен акт и установяват при 66% от пострадалите наличие на тинитус, при 55% загуба на слуха, при 41% болка в ушите и 28% звукова деформация. Според авторите тинитусът и нарушението на слуха след взривна травма не трябва да бъдат пренебрегвани като симптоми и всеки човек с такива оплаквания трябва да потърси незабавно медицинска помощ. В такива случаи освен отологичното изследване задължително се прави аудиометричен тест. Тинитус и загубата на слух след взривна травма могат да бъдат постоянни и да влошават качеството на живот на човека.

## Руптура на тъпанчева мембрана

При взривна травма руптурата на тъпанчевата мембрана е с честота до 88% от пострадалите (11, 28, 33, 40). Тя се дължи на резките промени на налягането. Статична руптура на тъпанчева мембрана на трупове се получава при налягане от 37 до 298kPa. Минималното налягане, необходимо за перфорация на ТМ, е 25cmHg, докато за увреда на кохлеарния апарат е достатъчно значително по-ниско налягане (7cmHg) (13). Частици от взрива могат да навлязат във външния слухов проход и впоследствие да предизвикат инфекция, а многослойният плосък епител може да навлезе в средното ухо и по-късно да формира холестеатом (37).

Налягането, което предизвиква увреждане на белия дроб и гастроинтестиналния тракт, е значително по-високо, следователно при пациенти с взривни увреждания на белодробната или храносмилателната система трябва да се очаква руптура на тъпанчевата мембрана (39).

За поставяне на диагнозата руптура на тъпанчевата мембрана се използват различни методи: отоскопия; отомикроскопия; импедансметрия; тимпанометрия; аудиометрия.

## Загуба на слуха

Ruedi и Furger класифицират въздушно-стимулираната глухота в три типа: шумовоиндуцирана, травма от изстрел и взривна травма. Шумовоиндуцираната загуба на слуха предполага продължително излагане на шум с висока интензивност, водещо до кохлеарна увреда, най-изразена за 4kHz. Травма от изстрел се наблюдава при излагане на оръдейна стрелба (с продължителност под 1.5 ms). Средното ухо не се уврежда, а приемната загуба на слуха е най-изразена за 4kHz. Взривната травма е резултат от единична стимулация с продължителност над 1.5 ms. Всички честоти могат да бъдат засегнати, но страдат предимно високите тонове.

Няколко фактора определят тежестта на травмата: време на нарастване, т.е. скоростта, с която вълната на позитивно налягане нараства, амплитудата и продължителност на вълната (42). Всички тези променливи са директно свързани с вида и количеството на експлозива, разстоянието на ухото от мястото на експлозията, наличието на препятствия и околни обекти. Освен това от значение е състоянието на тъпанчевата мембрана. При млади хора тя е по-резистентна на взривна травма, отколкото при възрастни (16, 17).

Загубата на слуха може да бъде категоризирана според това коя част на слуховата система е засег-

ната. Има три основни типа загуба на слуха: проводна, сензорна и смесена.

♦ **Проводна загуба на слуха** има, когато звукът не се провежда ефикасно през външния канал до тъпанчевата мембрана и костичките на средното ухо. Тя включва редукция на силата на звука и способността да се чуват слаби звуци и може да бъде коригирана чрез консервативно или оперативно лечение.

♦ **Сензорна загуба на слуха** се наблюдава, когато има увреждане на вътрешното ухо (кохлея) или на нервните пътища от вътрешното ухо (ретрокохлеарно) до мозъка. Сензорната загуба на слуха е постоянна и не може да бъде коригирана оперативно или с консервативно лечение.

♦ **Смесена загуба на слуха.** Понякога проводната загуба на слуха се наблюдава в комбинация със сензорна загуба на слуха – при увреда на средното ухо и кохлеата или слуховия нерв.

Шумово индуцираната загуба на слуха е високочестотна (3,000 до 6,000 Hz) и се развива постепенно като резултат от хронично излагане на експесивни звукови нива. Макар загубата да е типично симетрична, шумът от източници като огнестрелно оръжие или сирени може да предизвика асиметрична загуба. Акустичната травма е резултат от остро излагане на краткотраен импулсен шум (13, 24). При взривна травма на слуховия анализатор могат да се наблюдават и трите типа загуба на слух – проводна, сензорна и смесена. (2, 3, 14, 27, 30, 47) Загубата на слуха при взривна травма корелира обратно пропорционално с разстоянието от експлозията (30). Златанов Хр. и Цветков В. докладват 36 пациенти, пострадали при взривна атака. При всички е регистрирана сериозна приемна или смесена увреда на слуха.

**Таблица 2.** Класификация на загубата на слуха

|                              |          |
|------------------------------|----------|
| Нормални граници             | 0-20dB   |
| Лекостепенна загуба на слуха | 20-40dB  |
| Умерена загуба на слуха      | 40-60dB  |
| Тежка загуба на слуха        | 60-80dB  |
| Дълбока загуба на слуха      | над 80dB |

Конфигурацията или типът на загубата на слуха се определя от величината на слухова загуба за всяка честота. Например слухова загуба, която засяга само високите честоти, се описва като високочестотна загуба. Тя предполага добър слух за ниските и лош – за високите честоти. От друга страна, ако са засегнати само ниските честоти, конфигурацията ще покаже по-лошо чуване на ниските тонове и по-добро за високите. Някои конфигурации на



загуба на слух са плоски, с еднаква загуба на слуха за ниските и високите тонове.

Копорка W. и съавт. изследват акустичната околна среда на войници и сравняват 13 типа военни оръжия. Авторите не откриват специфична разлика между загубата на слуха в ляво и дясно ухо. Spirov A. изследва нарушенията на слуха при 1073 артилеристи по време на редовни стрелби с оръжия с различен калибър. Контузия и руптура на тъпанчевата мембрана се откриват най-често в дясно ухо, което потвърждава “феномена на екранирането”. Persaud R. и съавт. установяват, че средният размер на перфорацията на тъпанчевата мембрана от страната на взрива е значително по-голям, отколкото от противоположната страна.

### Тинитус (шум в ушите)

Тинитусът е често срещано нарушение след взрив. По данни на различни автори се наблюдава в 85% до 88% от случаите (4, 15, 16, 17, 21, 30, 33). Обикновено се появява заедно със загубата на слуха и преминава с неговото възстановяване. Среща се при почти всички пациенти с взривна травма и в някои случаи е доста упорит (4, 26). Изследването за тинитус включва: отологично изследване, рутинно аудиологично изследване, рентгенологично изследване или ядрено-магнитен резонанс и тест за определяне на неговите характеристики.

### Вертиго

Световъртеж се наблюдава при взривна травма, но не е специфичен (5, 22, 15, 16, 26). Mcfeely WJ Jr и съавт. установяват нарушения в равновесието при 50% от пациентите. Вестибуларните тестове, вкл. електронистагмография, ротационен тест и постуурография са полезни при съпътстващи вестибуларни симптоми.

### Лечение на пострадали с взривна травма на слуховата система

Около 70 – 80% от взривните руптури на тъпанчевата мембрана заздравяват спонтанно, 40-50% през първия месец, а станалите до 2 месеца след нараняването (26, 33, 40, 41, 44). Спонтанното зарастване зависи от размера и разположението на перфорацията. Приема се, че около 10% от площта на тъпанчето се възстановява за 1 месец. Ако не зарасне в рамките на първия месец, ръбовете на перфорацията епителизират и тя обикновено не се затваря. Според Златанов Хр. и Цветков В., от изключителна важност при взривна травма на аудиторната

система е ранното (непосредствено след травматата) стартиране на антиневритно лечение, с последваща хоспитализация на всички пострадали. Špretn N. и съавт. не откриват предимство от прилагането на витамини и pentoxifylin по отношение възстановяването на сензоневралната загуба на слуха, причинена от взрив.

Оперативното лечение на мембранна руптура след взривна травма включва:

1. Амбулаторно лечение се провежда при малки перфорации със запазени *umbo* и *annulus*. Прилагат се няколко метода: каутеризация на ръбовете на перфорацията; тимпанопластика с мастна пломба; локален иритант; фибриново лепило или пластири от естер на хиалуронова киселина;
2. Тимпанопластика и миринголастика с перихондриум, хрущял, темпорална фасция и хетерографт.

Според някои автори, тимпанопластиката и мирингопластиката трябва да се извършват след инцидента за предпазване от инфекции на средното ухо (36). Други твърдят, че взривни лезии на тъпанчевата мембрана, които не заздравяват спонтанно за няколко месеца, както и тотални руптури и такива, които не се очаква да самооздравеят, трябва да се затварят хирургично. (15, 16, 17, 44). Някои автори препоръчват ранен дебридман и хартиен пластир за лечение на взривни руптури на тимпанична мембрана (23).

Оперативното лечение на мембранна руптура при взривна травма на ухо води до затваряне на дефекта в 90 – 95% от случаите. Като постоперативни усложнения могат да се наблюдават формиране на холестеатом, влошаване на слуха, дисфункция на евстахиевата тръба, реперфорация.

### Заклучение

Взривната травма е от голямо медицинско значение за съвременното общество, когато опасността от терористични атаки нараства, а подготовката на медицинските кадри в тази насока изисква получаването на нова информация. Освен това допълнително предизвикателство за медиците са и случайните взривни инциденти в производствени условия. Разпознаването на възможни увреди на слуховите и вестибуларните компоненти и особено времето, необходимо за тяхното възстановяване, може да подпомогне планирането и провеждането на една оптимална стратегия на лечение и предпазване. Изучаването на причините, демографската характеристика и клиника на взривната травма на слуховия анализатор ще дове-

де до ранно разпознаване и адекватно лечение на тази патология. Това е свързано с намаляване на усложненията, подобряване на изхода, качеството

на живот и социална реинтеграция на пострадали с взривна трама на слуховия анализатор.

#### Литература

1. Златанов Хр., Цветков В. Лечение на острата групово звукова травма на слуховия нерв. Нашият опит. Слънчев бряг
2. Berger G, Finkelstein Y, Harell M. Non-explosive blast injury of the ear. *J Laryngol Otol*. 1994 May; 108(5): 395-8
3. Berger G, Finkelstein Y, Avraham S, Himmelfarb M. Patterns of hearing loss in non-explosive blast injury of the ear. *J Laryngol Otol*. 1997 Dec; 111(12): 1137-41
4. Bruins WR, Cawood RH. Blast injuries to the ear as a result of the Peterborough lorry explosion. *J Laryngol Otol* 1991; 105: 890-5
5. Cohen JT, Ziv G, Bloom J, Zikk D, Rapoport Y, Himmelfarb MZ. Blast injury of the ear in a confined space explosion: auditory and vestibular evaluation. *Isr Med Assoc J*. 2002 Jul; 4(7): 559-62
6. Garth RJ. Blast injury of the auditory system: a review of the mechanisms and pathology. *J Laryngol Otol*. 1994 Nov; 108(11): 925-9
7. Garth RJ. Blast injury of the ear: an overview and guide to management. *Injury*. 1995 Jul; 26(6): 363-6
8. Gold S, Attias J, Cahani M, Shahar A. Hearing loss as a result of basic military training Harefuah. 1989 Apr 2; 116(7): 377-9
9. Cudennec YF, Buffe P, Poncet JL. Otolologic features and teachings of a bombing attempt. *Mil Med*. 1995 Sep; 160(9): 467-70
10. Green J.O. (1872) Cases of injury to the ear from external violence. *Transactions of The American Otological Society* 5, 88-98
11. Gutierrez de Ceballos JP, Fuentes FT, Diaz DP, Sanchez MS, Llorente CM, Guerrero Sanz JE. Casualties treated at the closest hospital in the Madrid, March 11, terrorist bombings. *Crit Care Med* 2005;33:S107-S112.
12. Helling ER. Otolologic blast injuries due to the Kenya embassy bombing. *Mil Med*. 2004 Nov; 169(11): 872-6.
13. Hirsch F.G. (1968) Effects of over-pressure on the ear-a review. *Annals of the New York Academy of Sciences* 152, 147-162.
14. Hussain SS. Hearing loss in the 4-8 kHz range following tympanic membrane perforation from minor trauma. *Clin Otolaryngol Allied Sci*. 1995 Jun; 20(3): 211-2.
15. Katz E, Ofek B, Adler J, Abramowitz HB, Krausz MM. Primary blast injury after a bomb explosion in a civilian bus. *Ann Surg* 1989;209:484-488.
16. Kerr A.G. Trauma and the temporal bone: the effects of blast on the ear. *Journal of Laryngology and Otology* 1980; 94, 107-110.
17. Kerr A.G. Blast injury to the ear: a review. *Reviews on Environmental Health* 1987; 7, 65-79.
18. Kerr AG, Byrne JE. Concussive effects of bomb blast on the ear. *J Laryngol Otol* 1975;89:131-43
19. Konopka W, Pawlaczyk-Luszczynska M, Zalewski P, Milonski J. Assessment and analysis of the acoustic environment of soldiers exposed to impulse noise *Med Pr*. 2002; 53(5): 391-6
20. Leibovici D, Gofrit ON, Shapira SC. Eardrum perforation in explosion survivors: is it a marker of pulmonary blast injury? *Ann Emerg Med* 1999 Aug; 34(2): 168-72
21. Mcfeely WJ Jr, Bojrab DI, Davis KG, Hegyi DF. Otolologic injuries caused by airbag deployment. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1999 Oct; 121(4): 367-73
22. Mellor SG. The pathogenesis of blast injury and its management. *Br J Hosp Med* 1988; 39: 536-9.
23. Merwin GE, Boies LR Jr. Paper patch repair of blast rupture of the tympanic membrane. *Laryngoscope*. 1980 May; 90(5 Pt 1): 853-60.
24. Morris MS, Borja LP. Air bag deployment and hearing loss [letter]. *Am Fam Physician* 1998; 57: 2627-8.
25. Mrena R, Paakkonen R, Back L, Pirvola U, Ylikoski J. Otolologic Acta *Otolaryngol*. 2004 Oct; 124(8): 946-52. consequences of blast exposure: a Finnish case study of a shopping mall bomb explosion.
26. Pahor AL. The ENT problems following the Birmingham bombings. *J Laryngol Otol*. 1981 Apr; 95(4): 399-406
27. Patterson JH Jr, Hamernik RP. Blast overpressure induced structural and functional changes in the auditory system. *Toxicology*. 1997 Jul 25; 121(1): 29-40
28. Patow CA, Bartels J, Dodd KT. Tympanic membrane perforation in survivors of a SCUD missile explosion. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1994 Feb; 110(2): 211-21
29. Pelousa EO, Abel SM, Simard J, Dempsey I. Prevention of noise-induced hearing loss in the Canadian military. *J Otolaryngol*. 1995 Oct; 24(5): 271-80
30. Persaud R, Hajioff D, Wareing M, Chevretton E. Otolologic trauma resulting from the Soho Nail Bomb in London, April 1999. *Clin Otolaryngol Allied Sci*. 2003 Jun; 28(3): 203-6
31. Phillips YY, Zajtcuk JT. Blast injuries of the ear in military operations. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl*. 1989 May; 140: 3-4
32. Pulec JL, Deguine C. Traumatic perforation: blast injury. *Ear Nose Throat J*. 2003 Sep; 82(9): 665
33. Roth Y, Kronenberg J, Lotem S, Leventon G. Blast injury of the ear Harefuah. 1989 Nov 15; 117(10): 297-301
34. Richmond DR, Yelverton JT, Fletcher ER, Phillips YY. Physical correlates of eardrum rupture. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl*. 1989 May; 140: 35-41
35. Ruedi L. & Furrer W. *Das Akustische Trauma*. S. Karger, Basle. (1947)
36. Ruggles RL, Votycka R. Blast injuries to the ears. *Laryngoscope* 1973; 83: 974-6
37. Seaman RW, Newell RC. Another etiology of middle ear cholesteatoma. *Arch Otolaryngol*. 1971; 94: 440-442
38. Singh D, Ahluwalia KJ. Blast injuries of the ear. *J Laryngol Otol*. 1968 Nov; 82(11): 1017-28
39. Šprem N, Branica S, Dawidowsky K. Tympanoplasty after War Blast Lesions of the Eardrum: Retrospective Study *Croat Med J* 2001; 42: 642-645
40. Spremo S, Spiric S, Spiric P. Therapeutic approach in blast injuries of the ear. *Srp Arh Celok Lek*. 1998 May-Jun; 126(5-6): 171-6
41. Walsh RM, Pracy JP, Huggon AM, Gleeson MJ. Bomb blast injuries to the ear: the London Bridge incident series. *J Accid Emerg Med*. 1995 Sep; 12(3): 194-8
42. White C.S., Bowen I.G., & Richmond D.R. (Biological Tolerance to Air Blast and Related Biomedical Criteria. United States Atomic Energy Commission Civil Effects Test Operations Report No.65.4, 1-239. Lovelace Foundation for Medical Education and Research, Albuquerque, New Mexico. 1965
43. Wightman JM, Gladish SL. Explosions and blast injuries. *Ann Emerg Med*. 2001 Jun; 37(6): 664-78
44. Wolf M, Megirov L, Kronenberg J. Multifocal cholesteatoma of the external auditory canal following blast injury. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1999; 108: 269 – 270
45. Ylikoski ME, Ylikoski JS Scand J Work Environ Health. Hearing loss and handicap of professional soldiers exposed to gunfire noise. 1994 Apr; 20(2): 93-100
46. Yetiser S, Ustun T. Concussive blast-type aural trauma, eardrum perforations, and their effects on hearing levels: an update on military experience in Izmir, Turkey. *Mil Med*. 1993 Dec; 158(12): 803-6
47. Zarkovic S, Busic I, Alagic J, Kapidzic A. Blast injuries of the ear *Med Arh*. 1994; 48(2): 67-9

