

Università degli Studi di Pavia

Scuola di Specializzazione in Chirurgia d'Urgenza e di Pronto Soccorso

Direttore Chiar.mo Prof. Aris Zonta

L'uso del MAST (Military/Medical AntiShock Trousers) nel
"Servizio Sanitario Urgenza Emergenza 118 - Elisoccorso di Como".

Tesi di Specializzazione di:
dr Carletto Genovese
nr. Matricola 235456/52

anno accademico 1997-1998

A L. e a M.
che mi hanno sostenuto in questo lavoro

And indeed there will be time
To wonder, "Do I dare?" and, "Do I dare?"...
To lead you to an overwhelming question...

From *The love Song of J. Alfred Prufrock*
T. S. Eliot



Si ringraziano il Dr Mario Landriscina coordinatore del S.S.U.Em. 118 - Elisoccorso Medico, il Dr Dario Colombo e la Dr Laura Bile per il loro impegno profuso per questo lavoro.

L'autorizzazione ad usare i dati che si trovano all'interno di questa tesi, è stata concessa dalla Direzione Sanitaria dell'Azienda Ospedaliera "Ospedale Sant'Anna" di Como con protocollo DS 10000/2323 del 28/08/98.

SOMMARIO

CENNI STORICI	8
MECCANISMI DI AZIONE	11
AUMENTO DEL RITORNO VENOSO (PRECARICO)	13
AUMENTO DELLE RESISTENZE PERIFERICHE (POSTCARICO)	14
AUMENTO DELLA GITTATA CARDIACA	17
AZIONE DIRETTA COMPRESSIVA	17
EFFETTI ORMONALI	20
INDICAZIONI (TABELLA 1)	22
SHOCK IPOVOLEMICO	22
IPOVOLEMIE RELATIVE E IPOTENSIONI NON TRAUMATICHE	23
FRATTURE DI BACINO E DEGLI ARTI INFERIORI.....	24
FERITE PENETRANTI ADDOMINALI	25
TACHICARDIA PAROSSISTICA SOPRAVENTRICOLARE.....	26
RIANIMAZIONE CARDIOPOLMONARE (CPR).....	27
CONTROINDICAZIONI (TABELLA 2)	29
ASSOLUTE	29
RELATIVE	30
COMPLICANZE	32
ACIDOSI METABOLICA E EDEMA DEI TESSUTI MOLLI	32
IPOTENSIONE.....	33
LOWER-EXTREMITY COMPARTIMENTAL SYNDROMES	34
INSUFFICIENZA RENALE.....	36
COMPROMISSIONE RESPIRATORIA.....	37
ALTRE COMPLICANZE.....	38
OSSERVAZIONI.....	39
MODALITA' D'USO	41
POSIZIONAMENTO.....	41
FASE DI GONFIAGGIO	43
FASE DI SGONFIAGGIO	44
UTILIZZO DEL MAST IN AMBIENTE INTRAOSPEDALIERO	45
RAZIONALE CLINICO	47
CASISTICA IN ITALIA	51

DATI RETROSPETTIVI DEL S.S.U.EM. 118 – ELISOCORSO MEDICO DI COMO.....	52
DISCUSSIONE.....	60
ICONOGRAFIA	71
BIBLIOGRAFIA.....	79

Il MAST (Military AntiShock Trousers) è un dispositivo usato prevalentemente per il trattamento iniziale dello shock ipovolemico^{1,2}. Tale dispositivo ha diverse denominazioni: MAST (Medical/Military AntiShock Trousers), PASG (Pneumatic AntiShock Garment), apparato per compressione pneumatica circumferenziale, tuta per contropressione esterna, pantaloni ad aria e tute anti-G.

La tuta MAST è una struttura monocomponente di tessuto polivinilico ed è capace di sopportare pressioni interne di oltre i 100 mmHg (Figura 5, pag.72). Viene impiegata principalmente per contrastare i segni dello shock. Il corpo del paziente viene avvolto dagli arti inferiori (esclusi i piedi) fino alla parte inferiore del torace.

Le estremità inferiori sono racchiuse separatamente consentendo l'accesso all'area perineale. L'addome e gli arti inferiori vengono avvolti da tre compartimenti distinti che vengono fissati con Velcro. Alcuni modelli sono disposti per il gonfiaggio separato dei tre comparti e sono dotati di un sistema di valvole per impedirne un gonfiaggio eccessivo. I manometri indicano la pressione ottimale interna del dispositivo.

Questo strumento si applica con facilità ed è considerato da alcuni autori, un dispositivo essenziale nei servizi sanitari d'Emergenza.

CENNI STORICI

Nel 1903, George Crile mise a punto un dispositivo di gomma, chiamato tuta pneumatica, per tenere sotto controllo la pressione ed evitare l'ipotensione in soggetti seduti sottoposti a chirurgia del collo e della testa³. Successivamente, nel 1909, il dispositivo gonfiabile venne usato per la prima volta per il trattamento di un traumatizzato con shock emorragico⁴. A causa delle difficoltà nell'applicare il MAST e della scarsa tenuta di chiusura della tuta e il conseguente perfezionamento delle tecniche d'infusione, il dispositivo venne definitivamente abbandonato fino alla seconda guerra mondiale.

L'esercito americano, su suggerimento di Crile, prese ad utilizzare questo dispositivo, sfruttando i principi della compressione esterna e utilizzandolo come tuta antigravità (G-suit)⁵.

La G-suit è stata perfezionata per assicurare una contropressione esterna di 100 mmHg e per proteggere i piloti dalle ischemie cerebrali e retiniche (con conseguente perdita di coscienza, sincopi e cecità) durante le manovre antigravitazionali sugli aerei ad alta velocità⁶.

L'interesse medico per questo dispositivo si ebbe nel 1956 con l'applicazione della tuta in quei soggetti sottoposti a neurochirurgia di cui si sospettava un'ipotensione posturale, oppure in pazienti con grave neuropatia diabetica.

Soltanto nel 1966, Gardner utilizzò una tuta antigravità modificata per il controllo di un'emorragia postoperatoria⁷. L'utilizzo del MAST rimase confinato soltanto in ambiente intraospedaliero quale ultima risorsa per tamponare emorragie incontrollabili.

Il MAST è stato rivalutato durante la guerra del Vietnam quando è stato utilizzato largamente sul campo per il trattamento dello shock emorragico provocato da traumi addominali, perineali e alle estremità inferiori⁸.

Si tratta della prima applicazione della contropressione esterna per la stabilizzazione e il trattamento dei pazienti traumatizzati in stato di shock.

Sotto la direzione di Kaplan e grazie ad un'azienda produttrice di queste tute, la David Clark Company, l'esercito americano continuò ad apportare modifiche alla tuta antigravità fino a produrre il dispositivo attuale a forma di pantaloni chiamandolo col termine MAST⁹.

La decisione di introdurre il MAST in ambito civile si è basata, in parte, sul lavoro iniziale di Cutler e Daggett che hanno studiato la sopravvivenza di pazienti con grave ipotensione durante la guerra del Vietnam¹⁰.

In questo lavoro vengono riportati i casi di otto soldati estremamente ipotensi (età compresa tra i 18 e i 24 anni) con grave trauma alle estremità inferiori, bacino e addome. A sette di loro, la pressione non era rilevabile e soltanto uno aveva una pressione di 40/0 mmHg all'arrivo. A tutti era stato applicato il MAST durante il tragitto di 45 minuti in elicottero. La sopravvivenza degli otto pazienti durante il trasporto è stata attribuita al MAST.

L'uso in ambito civile risale al 1973^{11,12} grazie a Kaplan che ne fece un uso più esteso, rendendolo disponibile commercialmente e facendolo adottare da paramedici e tecnici dell'emergenza. Il primo utilizzo¹³ all'interno di un sistema d'emergenza è stato nella città di Miami in Florida dove il dispositivo è stato impiegato con successo in 15 casi su 20 dal servizio paramedico dei Vigili del Fuoco.

Il MAST, da allora, è stato certificato da gruppi di medici addetti ai servizi sanitari dell'emergenza dell'American College of Surgeons¹⁴ e da diverse legislature statali. Durante gli anni '70 e '80 questo dispositivo è stato usato dalla maggior

parte dei servizi d'emergenza negli Stati Uniti consentendo l'identificazione dei suoi effetti fisiologici.

MECCANISMI DI AZIONE

I principali effetti dei pantaloni AntiShock sono di natura emodinamica ed emostatica per compressione del sistema vascolare e di natura neurormonale conseguenti a modificazioni cardiovascolari¹⁵.

La pressione applicata dal MAST agli arti inferiori e all'addome viene trasmessa direttamente attraverso la pelle, il grasso sottocutaneo, i muscoli e gli altri tessuti molli, alle arterie e alle vene. I vasi sanguigni vengono compressi e il loro calibro viene ridotto. I risultati fisiologici sono sostanzialmente due:

1. il sistema vascolare nella parte del corpo che soggiace al dispositivo si riduce di calibro e perciò il sangue viene ridistribuito ed essere usato nell'area non compressa dal dispositivo e cioè nella parte superiore del corpo;
2. l'aumento delle resistenze vascolari nella parte coperta dal MAST produce un aumento di flusso nei vasi in cui le resistenze rimangono invariate. Ciò permette un flusso maggiore di sangue nelle carotidi con miglioramento della

perfusione cerebrale e nelle coronarie con buona perfusione di sangue al miocardio.

L'effetto finale è un aumento della pressione sistemica, migliorando così la funzionalità cerebrale e la perfusione generale nella parte alta del corpo.

E' generalmente accettato che il MAST produca uno spostamento della massa di sangue dagli arti inferiori al territorio splancnico per effetto di un'autotrasfusione. Ci sono tuttavia diversi altri meccanismi che inducono effetti emodinamici generali che dipendono essenzialmente dal livello di compressione dei vari comparti del MAST¹⁶.

Per una compressione venosa fino a 30 mmHg si ha un aumento del ritorno venoso, mentre per una compressione fino a 80-100 mmHg (effetto arterioso) si ottiene un risultato di natura emostatica ed un aumento delle resistenze periferiche.

I principali effetti dunque si ripercuotono essenzialmente sul ritorno venoso e sulle resistenze vascolari e sono strettamente correlati alla pressione di gonfiaggio del MAST.

Il gonfiaggio a livello di compressione venosa può essere mantenuto per diverse ore se necessario (massimo 24 ore), mentre a livello di compressione arteriosa

può essere mantenuto per un tempo limitato (massimo 90 minuti per evitare complicanze maggiori).

Gli effetti vascolari del MAST sono quasi tutti estrapolabili da studi in soggetti normovolemici in quanto risulta essere indaginosa l'esplorazione emodinamica di un paziente in shock emorragico.

Tale differenza diventa importante ad esempio per l'effetto di spremitura del MAST che, in un soggetto normovolemico, può essere notevole mentre in un soggetto con shock emorragico, può essere trascurabile.

AUMENTO DEL RITORNO VENOSO (PRECARICO)

Col termine di "autotrasfusione" si indica quell'azione indotta dal gonfiaggio del MAST per valori non elevati di pressione, in genere fino a 30 mmHg. In questo caso si ha una spremitura del sistema di capacitance e, mediante un aumento del ritorno venoso, un incremento del precarico. Il sangue dagli arti inferiori, passando al circolo centrale, fa sì che ne aumenti il ritorno venoso.

Si è calcolato che per mezzo di questa azione, venga trasferita al grande circolo una quantità variabile di sangue compresa dai 750 ai 2000 ml^{17,18}. Queste stime

sembrano basarsi sulla quantità di sangue o di liquidi necessari da rimpiazzare per mantenere la pressione quando vengono rimossi i pantaloni.

Nei soggetti con shock emorragico, invece, è stato dimostrato, in studi con radioisotopici¹⁹, che la quantità di sangue autotrasfusa è minima. Ciò è confermato dalla considerazione che nello shock emorragico esiste di per sé una vasocostrizione periferica, pertanto l'utilizzo del MAST non permette di reclutare una quantità sostanziale di sangue dal circolo periferico.

AUMENTO DELLE RESISTENZE PERIFERICHE (POSTCARICO)

La compressione del distretto sottodiaframmatico è responsabile di un aumento delle resistenze periferiche e del postcarico. Tale effetto diventa evidente soltanto per pressioni elevate di gonfiaggio pari a 80-100 mmHg.

Il MAST dunque agisce come clampaggio aortico parziale sottodiaframmatico, anche se i dati sperimentali e clinici sono piuttosto contraddittori.

Nei soggetti normovolemici, dopo gonfiaggio del MAST, sono stati dimostrati aumenti della pressione venosa centrale, del volume di sangue intratoracico, delle resistenze periferiche totali, della pressione e dell'indice cardiaco^{20,21}.

Tuttavia Buckard e coll. non hanno riferito alcuna variazione dell'indice cardiaco in 20 soggetti dopo by-pass aorto-coronarico, nonostante un aumento della pressione venosa centrale e della pressione atriale sinistra²².

Hauswald e Green non rilevarono alterazioni della gittata cardiaca in 10 volontari sani, nonostante una riduzione del 75% del flusso aortico distale rispetto alla mesenterica superiore ed un aumento del 10% della pressione arteriosa²³.

In una ricerca analoga, Mannering e coll., impiegando la posizione anti-Trendelemburg come modello di ipovolemia in volontari sani, hanno trovato che il MAST aumenta la gittata cardiaca ed il flusso di sangue nell'avambraccio²⁴.

Un altro studio ha messo in evidenza un aumento della pressione e delle resistenze periferiche con riduzione della gittata cardiaca e di quella sistolica, applicando il MAST nel paziente supino, ma quando i pazienti venivano inclinati di circa 60° (posizione di anti-Trendelemburg), il MAST produceva soltanto un minimo aumento della gittata sistolica²⁵.

Nei pazienti anziani, si è visto che a livelli crescenti di gonfiaggio, si assisteva ad un peggioramento della funzione ventricolare sinistra e riduzione dell'indice cardiaco, in metà dei pazienti²⁶.

I contrastanti studi riguardo l'aumento delle resistenze periferiche possono essere spiegati col fatto che i soggetti normovolemici rispondono in maniera efficace e repentina alle variazioni del precarico e del postcarico.

Un aumento delle resistenze periferiche totali comporta un aumento della gittata sistolica e della frequenza cardiaca in modo tale che la gittata cardiaca non aumenti.

Non sono stati condotti degli studi in soggetti ipovolemici e la risposta che ci si attenderebbe, sarebbe quella ottenuta nei soggetti inclinati in posizione di anti-Trendelenburg. In questa evenienza, il risultato dell'aumento del volume sistolico e di conseguenza l'aumento della gittata cardiaca è da attribuirsi al solo aumento del precarico (aumento del ritorno venoso) come effetto predominante.

Il calcolo delle resistenze periferiche è un indice di difficile valutazione. In caso di shock emorragico, l'alterata emodinamica, porta ad una valutazione errata dell'indice cardiaco.

I pantaloni antishock modificano in modo considerevole la pressione d'occlusione nel territorio sottodiaframmatico e non in quello sopradiaframmatico. Dal momento che il calcolo delle resistenze sistemiche comprende l'intero circolo sanguigno, non si prende in considerazione questa redistribuzione tra i due territori vascolari dopo il

gonfiaggio dei pantaloni, messa ben in evidenza nel soggetto sano con un aumento del flusso ematico agli arti superiori²⁷.

AUMENTO DELLA GITTATA CARDIACA

La gittata cardiaca in soggetti normovolemici, dopo applicazione del MAST, rimane perlopiù invariata o addirittura diminuita, mentre si ha un aumento in corso di shock emorragico in modelli sperimentali^{28,29}. I pantaloni antishock consentono la risoluzione rapida delle bradicardie paradosse dello shock emorragico, che sarebbero dovute a ipovolemia estrema³⁰. Il gonfiaggio del MAST permette un rapido riempimento ventricolare che correggerebbe la bradicardia in soggetti con shock emorragico grave e ciò è dovuto al solo aumento del ritorno venoso per semplice dilatazione ventricolare destra che si ripercuote sulla funzione sinistra.

AZIONE DIRETTA COMPRESSIVA

Un'altra azione del MAST è da riferirsi alla compressione diretta sul punto di sanguinamento. Il MAST può essere utilizzato come una stecca pneumatica al fine di immobilizzare un'articolazione e di bloccare il sanguinamento in prossimità di una frattura. L'utilizzo del MAST è particolarmente utile nelle fratture diafisarie del

femore e di bacino³¹ e può essere usato anche in quelle emorragie in pazienti con problemi ginecologici o ostetrici³².

Per spiegare la diminuzione del sanguinamento da un vaso lacerato bisogna riferirsi a due leggi.

La legge di La Place stabilisce che la tensione superficiale (T) di un vaso è direttamente proporzionale alla pressione trasmurale (ΔP) e al raggio (R) del vaso sanguinante, secondo la formula:

$$T = \Delta P \times R$$

La pressione trasmurale ($\Delta P = P_I - P_E$) è la differenza di pressione tra l'interno del lume (P_I) e la pressione extraluminale (P_E). Se si applica una pressione esterna (P_E) sul vaso tale da non superare la pressione intraluminale (P_I), si ha la chiusura della breccia del vaso per diminuzione della tensione superficiale (T), poiché la ΔP decresce all'aumentare della P_E , e per riduzione del raggio (R) del vaso.

Per pressioni extramurali inferiori alle pressioni intraluminali, si ha un tamponamento dell'emorragia, senza però arrestare la circolazione ematica in quanto il vaso non collabisce.

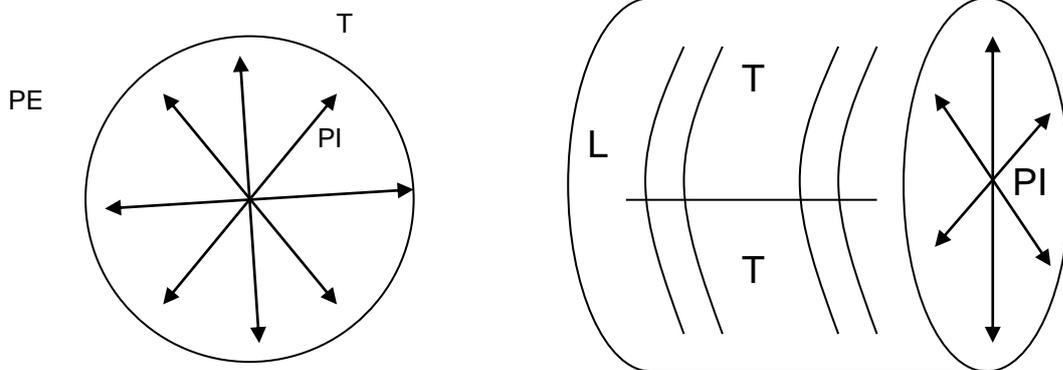


Figura 1: T sta per indicare la tensione superficiale che è tangenziale alla superficie del vaso che tende a divaricare i lembi di lacerazioni longitudinali. PI è la pressione intraluminal e PE è la pressione extraluminal.

Il Principio di Bernoulli considera altri fattori che sono messi in relazione tra di loro

secondo la formula:

$$Q = Ax \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho} + v^2}$$

dove Q sta per la velocità del flusso del vaso lesionato, A per l'area superficiale della lacerazione, ΔP la pressione transmurale, ρ la densità del fluido e V la velocità del liquido nel vaso. Anche in questa legge si prende in considerazione la

pressione trasmurale ΔP che decresce con l'applicazione del MAST³³, rallentando così il flusso di sangue e favorendo l'emostasi.

La contropressione esterna risulta essere efficace in soggetto con un normale sistema di coagulazione. Si è visto Infatti che in cani eparinizzati che sanguinano da una lacerazione dell'aorta, il MAST non riesce ad innalzare la pressione al di sopra della pressione di gonfiaggio del MAST stesso³⁴.

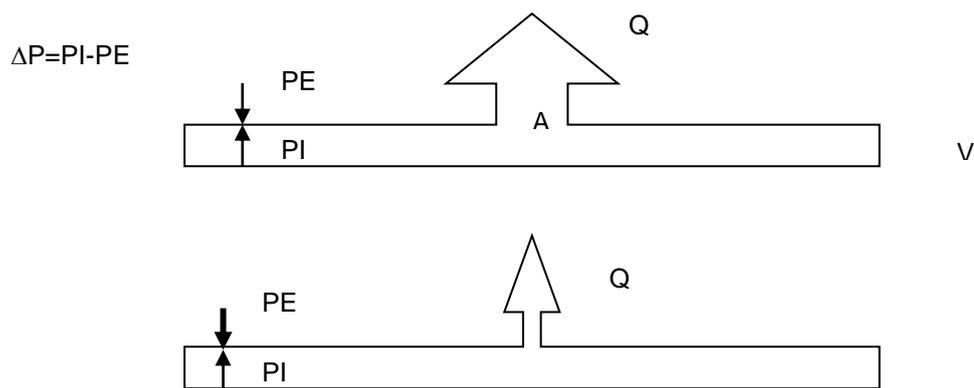


Figura 2: rappresentazione schematica della legge di Bernoulli

Q velocità del vaso lesionato, A area della superficie lacerata, ΔP pressione trasmurale, ρ densità del liquido, V velocità di flusso nel vaso.

EFFETTI ORMONALI

Lo shock emorragico si accompagna ad un aumento dell'attività reninica plasmatica che testimonia l'intervento del sistema renina-angiotensina.

McCabe e coll. hanno mostrato che i pantaloni antishock aumentano la pressione arteriosa, senza provocare diminuzione dell'attività reninica plasmatica³⁵.

La persistenza di tale attività potrebbe essere spiegata dalla diminuzione del flusso ematico renale e dall'aumento della pressione tissutale retroperitoneale che conduce ad una diminuzione della pressione trasmurale delle arterie renali.

La persistenza di un'attività reninica plasmatica elevata, quando lo stato emodinamico è migliorato, potrebbe essere deleteria, contribuendo ad aggravare l'ischemia renale.

INDICAZIONI (Tabella 1)

Shock Ipovolemico Ipovolemia relativa ed ipotensione Shock spinale Overdose Shock settico Anafilassi Stabilizzazione fratture Compressione sanguinamento esterno Emorragia postoperatoria PSVT (?) e CPR (?)

Tabella 1: indicazioni per l'applicazione del MAST

SHOCK IPOVOLEMICO

Dal momento che i principali effetti del MAST si rivolgono essenzialmente sul precarico e sul postcarico aumentando la pressione sistemica e poiché il MAST è stato utilizzato soprattutto per sostenere il circolo in pazienti con ipotensione, il dispositivo viene usato nello stato di shock emorragico con una pressione sistolica inferiore ai 100 mmHg (o comunque in ogni caso almeno inferiore a 80 mmHg) per sanguinamento da traumi chiusi dal distretto addominale, bacino e arti inferiori.

Per la sua semplicità d'uso e per il favorevole consenso ottenuto dagli anni '80, il MAST è stato riconosciuto come dispositivo per contrastare lo shock ipovolemico in ambiente extraospedaliero per traumi addominali chiusi, grazie all'effetto tamponante sull'addome provocato dal MAST.

Ci sono diversi pareri contrastanti sull'uso o meno del dispositivo in presenza di traumi penetranti.

In una ricerca randomizzata dopo aver valutato gli indici preospedalieri di gravità del trauma, la quantità di somministrazione di liquidi e l'eventuale trattamento chirurgico, i ricercatori non hanno segnalato alcun vantaggio dall'uso del MAST nello shock da ferite penetranti³⁶.

Nelle ferite penetranti toraciche, addirittura il MAST sarebbe dannoso perché i pantaloni non provvedono ad un effetto emostatico e potrebbero anche aumentare il flusso dell'emorragia.

IPOVOLEMIE RELATIVE E IPOTENSIONI NON TRAUMATICHE

Il MAST non è stato utilizzato solo per lo shock emorragico. Purtroppo non esistono attualmente dati specifici che possano supportare l'uso corretto di questo dispositivo al di fuori di questo quadro clinico.

In letteratura è stato segnalato l'uso del MAST anche per lo shock neurogeno, shock anafilattico^{37,38}, in quello secondario ad overdose³⁹ e nello shock settico.

I pazienti con shock spinale sono incapaci di mantenere il tono vascolare e teoricamente possono beneficiare dell'uso del MAST così come quei pazienti in shock anafilattico che hanno vasodilatazione dovuta a rilascio istaminico.

Queste ultime due situazioni cliniche sembrerebbero essere le sole indicazioni nelle quali il MAST può essere davvero efficace.

FRATTURE DI BACINO E DEGLI ARTI INFERIORI

Il MAST oltre all'azione tamponante, permette di stabilizzare le fratture di bacino e degli arti connessi al bacino provocando, peraltro, un senso di comfort nel paziente⁴⁰. L'effetto compressivo della fascia addominale può ridurre l'emorragia dei vasi pelvici ed intraaddominali⁴¹.

E' stato consigliato l'impiego del MAST nel trattamento dell'emorragia associata ad importanti fratture pelviche come parte del trattamento iniziale che verrà seguito da fissazione esterna, intervento chirurgico o embolizzazione selettiva per via angiografica⁴². E' stato dimostrato che il MAST aiuta a riallineare quelle fratture delle diafisi femorali e le diastasi di bacino⁴³.

FERITE PENETRANTI ADDOMINALI

I dati sperimentali hanno suggerito che il MAST migliora la sopravvivenza in soggetti che hanno un'emorragia intraaddominale⁴⁴.

Gli effetti del MAST nelle emorragie dai grossi vasi addominali, purtroppo, non sono stati confermati da trial clinici randomizzati.

In uno studio condotto a Houston⁴⁵ non è stata dimostrata l'efficacia del MAST nel migliorare la sopravvivenza in pazienti con lesioni addominali penetranti.

Sulla base degli studi sperimentali, era stato ipotizzato che i pazienti con lesioni ai grossi vasi addominali, potessero beneficiare dell'uso del MAST per mezzo dell'effetto tamponante.

Invece, dai trials clinici, i pazienti con grosse lesioni vascolari (sia arteriose che venose), non si è dimostrato un significativo trend nella riduzione della mortalità.

Il tasso di sopravvivenza dei pazienti con lesioni agli organi solidi, parete addominale, ferite all'intestino, era del 90% sia nel gruppo di pazienti con il MAST che nel gruppo di controllo.

Invece nei pazienti che hanno avuto un coinvolgimento dei grossi vasi (vena cava inferiore, vena renale e arteria epatica), il tasso di sopravvivenza era solo del 49% nel gruppo del MAST mentre era del 65% per il gruppo di controllo.

TACHICARDIA PAROSSISTICA SOPRAVENTRICOLARE

Nella tachicardia parossistica sopraventricolare (PSVT), il MAST potrebbe essere utile per farne regredire l'insorgenza. Questo uso è ancora limitato ed è soggetto a studi di ricerca per verificarne la sua reale efficacia.

Tandberg⁴⁶ ha riportato la sua esperienza dell'uso del MAST nel trattamento della PSVT.

Cinque pazienti su sei hanno avuto una conversione della PSVT in un ritmo sinusale, dopo l'applicazione del MAST. Quattro di loro erano ipotesici (pressione sistolica <90 mmHg). Tutti comunque hanno convertito il loro ritmo in sinusale dopo 45 secondi.

Il meccanismo della risposta viene fatto risalire alla eccitazione vagale riflessa da aumento della pressione aortica e del seno carotideo⁴⁷

L'utilizzo del MAST nel trattamento della PSVT, può correggere l'ipotensione e ridurre il bisogno di somministrare una terapia elettrica e farmacologica evitando le conseguenti complicanze.

RIANIMAZIONE CARDIOPOLMONARE (CPR)

Diversi studi^{48,49} hanno proposto un nuovo modo di concepire la cinetica del flusso di sangue durante la rianimazione cardiopolmonare.

Si riteneva, infatti, che durante la rianimazione, il cuore funzionasse da pompa che, una volta compressa, permetteva di far avanzare il sangue.

I nuovi concetti sviluppati intorno alla rianimazione cardiopolmonare indicano nella variazione di pressione tra i vasi intratoracici ed extratoracici la causa del flusso di sangue. Con le compressioni toraciche si ottiene un aumento della pressione intratoracica permettendo così il flusso di sangue.

La contropressione indotta dall'utilizzo del MAST sembra sia attribuibile a due cause. La prima è che il MAST limita l'escursione del diaframma, aumentando in questo modo la pressione intratoracica. La seconda causa risiede nel fatto che il MAST, aumentando le resistenze periferiche, favorisce una redistribuzione del flusso di sangue in altri distretti.

Infatti in studi sperimentali⁵⁰ si è dimostrato un miglioramento del flusso carotideo durante la RCP associata a compressione addominale.

L'efficacia del MAST nella CPR comunque non è ancora supportata da studi che ne comprovino un'effettiva utilizzazione come standard di cura così come avviene nel trauma.

CONTROINDICAZIONI (Tabella 2)

Le controindicazioni limitano l'impiego del MAST in quelle situazioni cliniche nelle quali l'uso del dispositivo può risultare dannoso. Esse possono suddividersi in assolute, quando il MAST non deve essere usato perché può portare a delle conseguenze letali, e in relative quando il MAST usato con certe precauzioni, potrebbe essere utile per migliorare la prognosi del paziente.

Assolute
Insufficienza cardiaca congestizia ed edema polmonare Lesioni toraciche penetranti
Relative
Gravidanza Lesioni addominali con eviscerazione Oggetto conficcato nell'arto inferiore Trauma cranico

Tabella 2 :Controindicazioni all'applicazione del MAST

ASSOLUTE

Le controindicazioni assolute all'impiego del MAST sono l'edema polmonare, l'insufficienza cardiaca congestizia e i traumi toracici.

L'aumento del ritorno venoso, la riduzione della capacità vitale e l'aumento della pressione di incuneamento polmonare portano ad aggravare queste situazioni cliniche.

Qualsiasi lesione toracica con ferite penetranti, quali la rottura della aorta intratoracica, l'emorragia massiccia nella cavità toracica, il tamponamento cardiaco sono controindicazioni assolute all'applicazione del MAST. In tutte le lesioni vascolari che non possono trovare miglioramento dalla compressione della tuta, associate ad emorragia, il MAST risulta deleterio in quanto aumenta la velocità di perdita di sangue⁵¹.

RELATIVE

Il MAST può essere applicato anche quando sussistono le condizioni cliniche previste nella Tabella 2 purché si osservino particolari precauzioni.

1. Nelle lesioni con eviscerazione e nelle penetrazioni addominali di corpi estranei o nella donna gravida, si può considerare la possibilità di applicare il solo comparto degli arti, evitando l'applicazione del comparto addominale.
2. In presenza di oggetto conficcato nell'arto inferiore e nelle fratture esposte, bisogna evitare la compressione del comparto relativo all'arto interessato.

3. Nel trauma cranico l'aumento della pressione intracranica, sia per aumentato afflusso cerebrale che per ostacolato deflusso, può comportare conseguenze fatali anche in osservazione ad un isolato o concomitante edema cerebrale.

Gardner ha valutato l'efficacia del MAST in alcuni pazienti con grave trauma cranico e pressione intracranica inferiore a 20 mmHg⁵². In questo studio si è solo dimostrato un aumento della pressione arteriosa media e della pressione di perfusione senza effetti negativi sulla pressione intracranica fino a livelli di pressione di gonfiaggio di 60 mmHg.

COMPLICANZE

ACIDOSI METABOLICA E EDEMA DEI TESSUTI MOLLI

L'applicazione del MAST ristabilisce la pressione sanguigna in un'ipotensione emorragica. Nonostante il mantenimento di questa pressione centrale, benché associata ad un buon flusso sanguigno nelle parti non coperte dal MAST, si ha un'ipoperfusione in quelle aree corporee sottoposte a pressione. Questa ipoperfusione provoca in genere edema tissutale che viene aggravato da perdita di liquidi⁵³, iperkaliemia e acidosi metabolica. Se la pressione nel comparto addominale è maggiore rispetto a quella dei comparti degli arti inferiori o se si ha una compressione arteriosa, si ottiene l'effetto "tourniquet" con congestione vascolare nelle parti ricoperte dal MAST ed edema agli arti inferiori.

L'alterazione più riproducibile che si verifica dopo applicazione del MAST è l'acidosi metabolica. Wangesteen⁵⁴ ha dimostrato una diminuzione del pH fino a 7.01 con un aumento del rapporto lattato/piruvato nei cani ipovolemici dopo quattro ore dall'utilizzo del MAST.

L'applicazione del MAST ad alti livelli di pressione di gonfiaggio, può accentuare l'acidosi metabolica o permettere un improvviso incremento dei lattati se la pressione del MAST viene rilasciata rapidamente.

L'acidosi metabolica non influirebbe sulla clinica del paziente in quanto è di modesta entità ed è facilmente correggibile con bicarbonato.

IPOTENSIONE

La complicazione letale più importante è il grave e repentino calo di pressione dovuto alla precipitosa rimozione del MAST senza controllare i parametri vitali e in assenza di una corretta rianimazione di liquidi⁵⁵.

Le variazioni emodinamiche osservate durante lo sgonfiaggio sono il risultato di una veloce riduzione del postcarico del ventricolo sinistro cui fa seguito una riduzione del precarico⁵⁶. Lo sgonfiaggio del MAST va affrontato con molta precauzione. Si deve iniziare dalla fascia addominale togliendo piccole quantità d'aria, ricontrollando la pressione del paziente. Se non si verificano cadute di pressioni, si tolgono ulteriori quantità d'aria con ripetute determinazioni della pressione di sangue. Se questa cade più di 5 mmHg, lo sgonfiaggio va interrotto e si somministrano liquidi fino a quando non si recuperi la pressione. Dopo la fascia

addominale si procede allo sgonfiaggio in modo analogo dei presidi collocati agli arti inferiori.

LOWER-EXTREMITY COMPARTIMENTAL SYNDROMES

Non sono state definite chiaramente le linee guida per il gonfiaggio ottimale del MAST, di conseguenza le applicazioni cliniche sono ampiamente dibattute. Sono state usate contropressioni esterne al di sotto dei 50 mmHg per lunghi periodi (78 ore per emorragie urologiche e 48 ore per fratture pelviche) senza sequele importanti⁵⁷. Attualmente l'importanza della pressione di gonfiaggio viene sottovalutata in quanto si considera più importante la risposta della pressione sistolica dopo applicazione del MAST.

L'aumento della pressione nel distretto fasciale provoca un peggioramento del microcircolo. La pressione di circolo tissutale dipende in misura diretta dalla pressione di gonfiaggio del MAST, ma anche da altri fattori quali la pressione arteriosa media, l'applicazione o meno di trazione passiva, la presenza di lesioni⁵⁸.

Diversi fattori contribuiscono alla comparsa della sindrome distrettuale fra cui lo shock prolungato, la pressione di gonfiaggio al di sopra della pressione arteriosa media e la sua durata, l'edema da riperfusione e le lesioni tissutali locali⁵⁹.

Non sono stati ancora identificati quali di questi meccanismi portino alla sindrome distrettuale dopo applicazione del MAST. In alcuni casi, la sindrome distrettuale può essere provocata dalla presenza di lesioni tissutali e fratture, ma anche in assenza di tali lesioni⁶⁰ ed è causata per lo più ad un'errata tecnica di sgonfiaggio che lascia gonfiata la parte addominale.

L'ulteriore presenza di ipotensione può portare il paziente al rischio elevato di sviluppare una sindrome compartimentale. I pazienti ipotensi hanno sia una bassa pressione intravascolare che un'inadeguata perfusione tissutale. Nei traumatizzati gli effetti combinati di ipotensioni prolungate ed alte contropressioni esterne, possono aumentare l'ischemia e l'edema nei muscoli e nei tessuti molli. L'aumento della pressione compartimentale può diventare clinicamente importante quando si verificano queste circostanze.

Godbout⁶¹ ha proposto delle guide linea per evitare la sindrome compartimentale:

1. usare dei dispositivi per monitorare le pressioni di gonfiaggio
2. gonfiare dapprima le porzioni delle gambe e successivamente il comparto addominale
3. utilizzare le pressioni più basse possibili, utilizzando una pressione di gonfiaggio maggiore di 40 mmHg solo in circostanze estreme.

Le sequele provocate dalla sindrome compartimentale indotta dal MAST, possono essere probabilmente evitate prestando maggior attenzione a questa sindrome e alle migliori conoscenze sul ruolo definitivo del MAST nel trattamento del trauma.

INSUFFICIENZA RENALE

I pantaloni antishock a basse pressioni (< 25 mmHg) hanno permesso di migliorare l'emodinamica renale per aumento del flusso renale e della filtrazione glomerulare in pazienti in rianimazione ventilati con PEEP⁶².

Diversamente è stato dimostrato da Shenasky e Gillenwater⁶³, che nei modelli canini l'aumento della pressione intraaddominale di 20 mmHg riduce il flusso sanguigno renale e il tasso di filtrazione glomerulare rispettivamente del 23% e del 21%. Nell'uomo la funzionalità renale viene drammaticamente compromessa quando la pressione intraaddominale è superiore di 30 mmHg⁶⁴.

Sono stati effettuati degli studi, sia in laboratorio che in ambiente clinico, che hanno messo in evidenza come i reni siano sensibili alla contropressione esterna.

Si è così stabilito che l'applicazione della porzione addominale del MAST, gonfiata ad un valore superiore a 30 mmHg, danneggia la funzione renale. Deve quindi essere considerato l'effetto fisiopatologico sul rene, qualora venga aumentata la

pressione intraaddominale artificialmente, in quei pazienti, ai quali è stato applicato il MAST, che risultino successivamente oligurici.

COMPROMISSIONE RESPIRATORIA

Gli effetti sull'apparato respiratorio sono stati scarsamente studiati. In soggetti volontari, l'applicazione del MAST non comporta variazioni di rilievo nei parametri ventilatori se non una modesta variazione della pressione transdiaframmatica per aumento della pressione gastrica⁶⁵.

I pazienti in shock emorragico sono di solito ipossiemicici, i politraumatizzati possono avere delle lesioni toraciche ed un emoperitoneo potrebbe avere importanti effetti respiratori⁶⁶.

Il MAST modifica il pattern ventilatorio a vantaggio del contributo ventilatorio in soggetti sani. Tali effetti sono di modesta identità, ma non sono trascurabili nel paziente ipovolemico con trauma toracico che non riesce a ventilare o nell'emoperitoneo che impedisce le escursioni diaframmatiche.

Perché gli effetti ventilatori del MAST non peggiorino la condizione clinica generale del paziente, è necessaria una ventilazione assistita⁶⁷ che contrasti l'effetto negativo sulla compliance polmonare. Sono stati segnalati casi di inalazione

bronchiale dopo applicazione del MAST per aumento della pressione intraaddominale⁶⁸. E' aumentato anche il rischio di inalazione bronchiale.

L'applicazione del MAST implica una risalita della cupola diaframmatica e in caso di rottura si può avere un'erniazione intratoracica degli organi viscerali⁶⁹. Si è anche osservata l'esteriorizzazione di un emoperitoneo attraverso un drenaggio toracico in pazienti con rottura diaframmatica⁷⁰.

ALTRE COMPLICANZE

1. Si è dimostrato che nei vecchi modelli di MAST si aveva uno "*spostamento del rachide lombare*", dovuto per lo più al gonfiaggio della parte addominale, sia posteriormente che anteriormente. Studi su volontari sani hanno dimostrato un'accentuazione della lordosi lombare⁷¹. I nuovi tipi di modelli prevedono solo il gonfiaggio limitato alla parete anteriore. Tuttavia in traumatizzati con alto indice sospetto di lesione di colonna, l'applicazione del MAST deve essere condotta con estrema cautela.
2. Alcuni autori hanno dimostrato come complicanza *lo stimolo alla minzione e alla defecazione*⁷². La defecazione spontanea può risultare problematica in quei soggetti che presentano un sanguinamento gastro-intestinale.

3. La *formazione di piaghe da decubito* sulle prominenze ossee ha indotto i costruttori del MAST ad "imbottire"⁷³ il dispositivo. La rottura della cute sui punti di pressione si può avere anche per tempi di gonfiaggio anche nell'ordine di pochi minuti.
4. E' stata segnalata anche la *rottura di diaframma* ⁷⁴. Se dopo il gonfiaggio del MAST si assiste ad un deterioramento improvviso delle condizioni cliniche e della pressione arteriosa o delle condizioni respiratorie, bisogna subito pensare a questa eventualità anche se la rimozione del MAST non può risolvere completamente l'aggravamento delle condizioni cliniche.
5. Per quanto concerne l'aumento delle sanguinamento da ferite delle estremità inferiori si è appurato che ciò è dovuto paradossalmente all'aumento della pressione del sangue⁷⁵.

OSSERVAZIONI

1. Cambiamenti di temperatura e altitudine possono causare variazioni di pressioni all'interno del MAST per la legge di Boyle che mette in relazione in modo inversamente proporzionale il volume di un gas alla sua pressione. La pressione all'interno del MAST aumenta con l'aumentare dell'altitudine e

diminuisce al decrescere. L'aria all'interno dei pantaloni si espande se si sale di quota, aumentando la pressione nei pantaloni^{76,77}. Estrapolazioni da dati sperimentali rivelano che la pressione del MAST cambia di circa 1,8 mmHg per ogni variazione di altitudine di 350 mmHg⁷⁸. Anche per variazioni di temperatura, si hanno effetti simili. Se la temperatura aumenta, si riduce la pressione nei pantaloni e viceversa. Tuttavia per trasporti di una durata limitata e per non eccessive variazioni d'altezza, la pressione all'interno del MAST non dovrebbe rappresentare un problema clinico.

2. L'uso del MAST non impedisce il riempimento vascolare massivo che, anzi dovrebbe essere integrato nella rianimazione usuale dell'ipovolemia acuta di origine emorragica. Tuttavia, se si deve incannulare la via venosa femorale, che potrebbe essere indicata in questo tipo di rianimazione per ottenere un importante flusso di riempimento per mezzo di posizionamento di un catetere corto di grosso calibro con la tecnica di Seldinger⁷⁹, il MAST ne impedisce la manovra. Per cui il reperimento della femorale dovrebbe precedere il posizionamento dei pantaloni.
3. I pantaloni antishock gonfiati ad alte pressioni (60-80 mmHg) sono ben tollerati nel paziente sano normovolemico. Nel politraumatizzato, soprattutto in

presenza di emoperitoneo, il posizionamento dei pantaloni può essere causa di dolore. E' dunque necessario somministrare al paziente degli analgesici.

4. Non bisogna sottovalutare la gravità del paziente in shock emorragico con il MAST applicato, considerando solo il livello di pressione arteriosa all'arrivo del paziente in ospedale⁸⁰. Devono essere prese in considerazione la pressione arteriosa iniziale prima del gonfiaggio dei pantaloni e soprattutto l'entità del riempimento vascolare.

MODALITA' D'USO

POSIZIONAMENTO

1. Prima di posizionare il MAST, bisogna sempre procedere secondo l'ordine delle priorità dell'ABCD (valutazione e trattamento nella fase primaria del soccorso ad un traumatizzato). Dopo aver valutato i parametri vitali, il MAST viene applicato nella fase C (valutazione e trattamento del circolo) perché esso agisce a questo livello. Secondo le regole dell'Advanced Trauma Life Support è obbligo assicurarsi il posizionamento di due accessi venosi periferici di grosso calibro (meglio agocannula 14 G) e iniziare l'infusione venosa (cristalloidi e/o colloidali, secondo i protocolli).

2. Misurare la pressione arteriosa.
3. Valutare che non esistano controindicazioni all'applicazione e gonfiaggio del MAST.

Dopo queste fasi preliminari si può iniziare alla preparazione, all'applicazione e al gonfiaggio del MAST secondo le procedure:

1. disporre il MAST aperto su un piano rigido (Figura 6, pag. 73);
2. su questo adagiare il traumatizzato assicurandosi che la fascia addominale sia appena al di sotto dell'ultima costa (Figura 7, pag. 74);
3. avvolgere la gamba sinistra e chiudere il velcro (Figura 8, pag. 75);
4. avvolgere la gamba destra e chiudere il velcro (Figura 9, pag. 76);
5. avvolgere per ultimo l'addome e chiudere col velcro, assicurandosi nuovamente che la parte superiore del MAST si trovi sotto l'ultima costa (Figura 10, pag. 77);
6. posizionare i manometri dei tre distretti;
7. raccordare i tubi alla pompa a pedale;
8. cominciare la fase di gonfiaggio (Figura 11, pag.78).

FASE DI GONFIAGGIO

Ricontrollare i parametri vitali secondo la priorità dell'ABCD.

Gonfiare i compartimenti degli arti inferiori. Se la pressione arteriosa sistolica non raggiunge i 90-100 mmHg gonfiare anche il comparto addominale ponendo attenzione a eventuali problemi respiratori o alle altre controindicazioni di questa manovra.

Monitorare attentamente la pressione arteriosa del traumatizzato e gonfiare i compartimenti (arti inferiori e comparto addominale se non controindicato) continuando l'infusione di soluzioni idro-elettrolitiche (ed eventuali colloidi) con l'obiettivo di far raggiungere e mantenere la pressione arteriosa sistolica a valori in accordo con le linee guida per il trattamento delle varie patologie.

Controllare l'attività respiratoria soprattutto nel caso in cui è stata gonfiata anche la fascia addominale.

Il MAST può essere gonfiato fino al livello prestabilito indicato dai manometri per ogni sezione o fino al raggiungimento di una pressione al di sopra della quale (solo in alcuni modelli) interviene una valvola che non ne permette il gonfiaggio eccessivo.

FASE DI SGONFIAGGIO⁸¹

Rappresenta una fase estremamente pericolosa, che può provocare un grave collasso o addirittura un arresto cardiocircolatorio per dissociazione elettromeccanica da ipovolemia⁸².

E' opportuno quindi che il MAST venga rimosso solo in ambiente ospedaliero e deve essere accompagnato da riempimento vascolare con almeno due vie venose di grosso calibro (14G). Devono essere monitorate la pressione arteriosa e l'attività cardiaca ed essere pronte le infusioni necessarie (comprese sangue o emoderivati).

Il MAST deve essere sgonfiato molto lentamente (5 mmHg ogni 5 minuti) iniziando dal comparto addominale e poi successivamente quello degli arti inferiori. Se si assiste ad un calo pressorio superiore a 5 mmHg è necessario interrompere lo sgonfiaggio, incrementare la velocità di infusione di liquidi e/o sangue ed eventualmente rigonfiare il MAST fino a ristabilire i valori pressori.

In alcune situazioni drammatiche, in cui il minimo sgonfiaggio si accompagna ad un collasso, è necessario praticare un primo accesso toracico per il clampaggio dell'aorta che permette di controllare la situazione emodinamica e di consentire la laparotomia.

UTILIZZO DEL MAST IN AMBIENTE

INTRAOSPEDALIERO

L'applicazione "profilattica" (con o senza gonfiaggio) può dimostrarsi utile nei pazienti potenzialmente ipovolemici o ipotesici. La situazione clinica più importante è rappresentata dall'aneurisma aortico addominale fissurato. In questi pazienti la pressione deve essere mantenuta costantemente sui 100 mmHg per non favorire l'ulteriore emorragia^{83,84}. I soggetti che devono essere trasportati da un ospedale ad un altro per essere sottoposti ad intervento è comunque consigliabile che subiscano l'applicazione dei pantaloni utilizzando il gonfiaggio quando i segni clinici di uno shock emorragico si rendono sempre più evidenti.

Altre situazioni cliniche che possono beneficiare dell'utilizzo del MAST sono l'emorragia endoaddominale postoperatoria⁸⁵ e il sanguinamento gastrointestinale.

Ovviamente rientrano nella possibilità i politraumatizzati, il cui assetto emodinamico è controllato dal riempimento capillare, ma per i quali il rischio di un aggravamento improvviso sembra probabile.

L'emorragia retroperitoneale può essere contrastata dal MAST qualora la chirurgia risulti impotente nel realizzare l'emostasi. In questo caso l'impiego del MAST per

un tempo di 24-48 ore sembra essere particolarmente utile⁸⁶, tanto più che sono richieste basse pressioni di gonfiaggio (20-30 mmHg) che risultano ben tollerate.

RAZIONALE CLINICO

E' ormai comunemente accettato che l'obiettivo del trattamento nei pazienti traumatizzati con probabile emorragia interna, è di riportare a valori accettabili la pressione sistemica^{87,88}.

Ne deriva la necessità di assicurare e mantenere vitale la perfusione degli organi in attesa di un intervento chirurgico ed emostatico⁸⁹.

Per circa vent'anni, le due procedure utilizzate per raggiungere questo obiettivo sono state la rapida infusione intravenosa di soluzioni isotoniche (fisiologica o soluzione Ringer Lattato) e l'uso dei pantaloni antishock.

Gli studi iniziali sull'efficacia del MAST si sono basati su modesti lavori non randomizzati.

Questi lavori sostengono che i pazienti che hanno avuto un'emorragia post-traumatica, sono arrivati in ospedale con livelli di pressione sanguigna elevati dopo applicazione del MAST e perciò sono stati dimessi in condizioni soddisfacenti^{90,91}.

Il MAST è stato così largamente accettato negli anni '80 dal Comitato sul Trauma dell'American College of Surgeons che lo ha introdotto come standard di trattamento del trauma.

Il criterio principale di applicazione del MAST rimane esclusivamente il valore della pressione sistolica sulla scena e sulla presenza di uno stato di shock.

Il MAST, secondo le indicazioni dell'American College of Surgeons, deve essere applicato nei traumatizzati che presentano segni e sintomi di shock con pressione sistolica <100 mmHg e comunque in tutti i politraumatizzati la cui pressione sistolica è inferiore agli 80 mmHg⁹².

Nonostante l'accettazione empirica del MAST negli anni '80, non ci sono stati studi prospettici che hanno dimostrato scientificamente l'efficacia di tale dispositivo sulla sopravvivenza dei pazienti.

Dai pochi trials clinici è stato dimostrato addirittura un effetto potenzialmente negativo del MAST⁹³ sia nei traumatizzati con lesioni penetranti addominali e toraciche.

Gli studi confrontati coi gruppi di controllo, hanno messo in evidenza che i pazienti con ferite penetranti al torace, in particolare quelli con lesioni cardiache ai quali è stato applicato il MAST a livello extraospedaliero⁹⁴, hanno avuto un aumento del tasso di mortalità.

Si possono indicare due possibili cause che giustificano questa aumentata mortalità:

1. la prima va ricercata nel tempo necessario per applicare il MAST che fa ritardare l'intervento chirurgico definitivo. Uno studio ha dimostrato che necessitano due-tre minuti in più sulla scena per applicare un MAST⁹⁵;
2. la seconda spiegazione considera che, in caso di tamponamento cardiaco, la gittata cardiaca può ulteriormente essere compromessa dall'aumento delle resistenze periferiche causato dall'applicazione del MAST.

Lo stesso effetto dannoso è stato osservato nei traumi addominali penetranti.

Oltre all'aumento del tasso di mortalità, sono state riportate altre complicazioni tra le quali la sindrome compartimentale che si può instaurare agli arti inferiori sani⁹⁶ e lo sviluppo di emorragie non controllabili per aumento della pressione sanguigna⁹⁷.

Dai numerosi studi condotti alla fine degli anni '80 nei sistemi d'emergenza sanitaria di Denver⁹⁸ e di San Francisco⁹⁹, così come dai trials prospettici a Houston¹⁰⁰, si è dimostrato un peggioramento della sopravvivenza dei pazienti ai quali è stato applicato il MAST.

Dopo la pubblicazione di questi studi, molti esperti hanno messo in guardia sull'uso del MAST in pazienti con ferite penetranti al torace¹⁰¹.

Questi trials non sono esenti da critiche perché il MAST veniva applicato in qualsiasi tipo di trauma sia aperto che chiuso, sia toracico che addominale e non prendevano in considerazione gli ambienti diversi ad esempio urbano e rurale.

Per i traumi addominali chiusi l'effetto dannoso dimostrato per i traumi toracici penetranti, non è stato dimostrato con certezza proprio per questo vizio nel condurre gli studi prospettici e randomizzati.

CASISTICA IN ITALIA

Sono state contattate le principali Centrali Operative del Nord Italia per verificare quanti centri usassero questo dispositivo.

Le Centrali Operative di 118 sono state Bologna, Udine, Trento, Genova, Firenze, Milano e Torino.

L'unica base di elisoccorso, oltre a quella del Servizio Sanitario Urgenza Emergenza (S.S.U.Em.) 118 di Como, ad usare il MAST è quella di Savigliano in provincia di Cuneo, dislocata presso l'aeroporto civile di Cuneo Levaldigi.

Al momento attuale non si dispone di una casistica di interventi con l'uso del MAST.

E' stata contattata la sede di Ticino Soccorso a Lugano, in quanto una regione confinante con quella del comasco. L'unico presidio sanitario ad utilizzare il MAST, nel territorio elvetico gestito da Ticino Soccorso, è l'ospedale di Bellinzona che usa il dispositivo soltanto per trasporti sanitari secondari.

DATI RETROSPETTIVI DEL S.S.U.Em. 118 –

ELISOCORSO MEDICO DI COMO

L'utilizzo del MAST nel S.S.U.Em. 118 risale al 1991. Il dispositivo è stato usato sia per interventi primari sul territorio che per servizi secondari nei trasferimenti di pazienti con patologia prevalentemente di tipo vascolare (aneurismi), che necessitavano di intervento chirurgico e di trasporto in un'altra struttura ospedaliera.

La Tabella 3 illustra il numero di interventi effettuati dal S.S.U.Em. 118-Elisoccorso Medico Como suddivisi per ciascun anno.

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	Tot	Media
Primario	1	1	3	7	4	6	22	3,8
Secondario	6	4	1	2	1	3	17	2,8

Tabella 3: numero di interventi effettuati dal S.S.U.Em. 118- Elisoccorso Como suddivisi per ciascun anno.

Le indicazioni cliniche nell'utilizzo del MAST sono state quelle contemplate dal razionale clinico.

Il MAST, per questi motivi, è stato utilizzato nei traumi addominali e degli arti inferiori e nei pazienti che presentavano segni e sintomi di instabilità vascolare.

La patologia predominante dei servizi secondari è l'aneurisma addominale.

In questi casi, il servizio in elicottero prevedeva il trasporto di pazienti vascolari che dovevano essere trasferiti in un altro ospedale.

Nel 1991 e nel 92 è stato effettuato un solo intervento per anno, nel 93 tre, mentre nel 94 sono stati otto. Nel 95, quattro e nel 96 sono stati effettuati sei interventi. Nel 1997 non si segnala l'utilizzo del MAST. La media è di 3,8 servizi per anno.

Per i servizi secondari, sei sono stati effettuati nel 1991, quattro nel 92, uno nel 1993, due nel 94, uno nel 1995 e nel 1996 tre, per una media complessiva di 2,8 servizi anno.

Data	Trasporto da	A	Anni	Sesso	Diagnosi	Note	GCS	RTS	PA	FC	Infusioni
1996											
22/01/96	Sala Comacina	Como	54	M	Politrauma	Decesso in PS	15	7	na	125	1500
26/03/96	Rovellasca	Saronno	23	F	Politrauma in donna gravida	Decesso in PS	3	5	na	0	2000
03/04/96	Suello	Lecco	37	F	Politrauma		15	12	120/80	82	1000
04/05/96	Mandello	Como	15	F	Politrauma		12	11	na	62	750
28/06/96	Cabiate	Lecco	52	M	Politrauma		15	10	na	110	2500

28/06/96	Cernobbio	Varese	27	m	Subamputazione arto inf.		15	11	90/60	125	3000
1995											
10/10/95	Domaso	Lecco	13	m	Politrauma	Decesso	9	9	na	0	1000
06/11/95	Mariano	Como	55	f	Politrauma	Decesso in prima giornata	15	10	na	90	4000
23/11/95	Civenna	Como	28	f	Politrauma	Non usato	15	12	130/80	80	500
10/12/95	Rho	Como	61	m	Politrauma	No fascia addominale per insuff. Resp.	15	8	na	70	1000
1994											
12/03/94	Rovellasca	Lecco	45	f	Isteria		12	9			2500
23/04/94	Garbagnate	Lecco	63	m	Autolesionismo		3	11	100/60	85	2500
06/07/94	Grandate	Como	43	f	Politrauma		9	8	Na		2250
12/07/94	Airuno	Legnano	35	f	Politrauma		15	10	Na		2500
28/07/94	Monguzzo	Como	59	f	Politrauma		12	10	60/?		2000
09/08/94	Canzo	Como	63	f	Politrauma		15	10	Na		500
12/11/94	Oltrona	Como	15	m	Politrauma	Exitus	3	0	Na		4000
1993											
28/04/93	Montorfano	Varese	21	f	Politrauma		3	7			2000

03/05/93	Colico	Sondalo	50	f	Politrauma	8	5	3000
05/06/93	Erba	Lecco	35	f	Politrauma	12	8	1000
1992								
15/09/92	Nibionno	Como	55	m	Politrauma	15	12	Na
1991								
08/05/91	Fino M.sco	Como	56	m	Politrauma	15	12	100/60

Tabella 4: Elenco degli interventi primari effettuati dal S.S.U.E.m. 118-Elisoccorso di Como dal 1991 nei quali è stato applicato il MAST

Data	Trasporto da	A	Anni	Sesso	Diagnosi	Note	GCS	RTS	PA	FC
1996										
27/01/96	Luino	Busto A	76	M	Aneurisma	Non gonfiato	15	12	220/120	90
15/06/96	Erba	Niguarda	59	M	Aneurisma	Non gonfiato	15	12	145/90	78
11/08/96	Madesimo	Sondalo	68	M	Aneurisma	Non gonfiato	15	12	160/100	85
1995										
15/01/95	Angera	Niguarda	53	M	Aneurisma		15	12	na	80
1994										
23/08/94	Como	Garbagnate	64	M	Aneurisma	Non gonfiato	15	12	130/80	94
08/09/94	Menaggio	Como	18	F	Rottura Rene		15	12	110/70	110
1993										
30/03/93	Erba	S. Donato	73	M	Aneurisma	exitus	5	1	125/90	82
1992										
02/01/92	Merate	Busto A.	78	M	Aneurisma		13	11	95/60	65

13/08/92	Como	Brescia	69	M	Aneurisma	12	10	120/70	68	
08/12/92	Como	Varese	59	M	Aneurisma	Non gonfiato	15	12	180/100	49
14/08/92	Bellano	Garbagnate	48	M	Strappamento		15	11	90/60	100
ascellare										
1991										
20/06/91	Menaggio	Busto A.	51	M	Aneurisma		15	12	130/80	98
25/07/91	Lecco	Pol Milano	66	M	Aneurisma		6	2	100/60	100
26/07/91	Cittiglio	Busto	64	M	Aneurisma		15	12	150/80	80
10/10/91	Ponte	Pol Milano	65	M	Aneurisma		15	8	80/50	105
16/10/91	Como	Pol Milano	68	M	Aneurisma		?	?	?	?
24/10/91	Cantù	Busto	71	M	Aneurisma		15	12	140/70	82

Tabella 5: Elenco degli interventi secondari effettuati dal S.S.U.Em. 118-Elisoccorso di Como dal 1991 nei quali è stato applicato il MAST

I servizi primari effettuati dal Servizio di Elisoccorso di Como sono stati 22 dal 1991. La patologia principale è il trauma da incidenti stradali con lesioni agli arti inferiori e all'addome. Tutti i pazienti mostravano segni e sintomi di shock e pressione arteriosa molto bassa (<100 mmHg eccettuato per un caso che era di 120) o addirittura non apprezzabile sul luogo della scena. Si riporta di un caso di

isteria in cui la paziente simulava uno stato di shock emorragico e un caso di autolesionismo.

La media dei punteggi di Glasgow Coma Scale è 12,3 mentre per il Revised Trauma Score è di 9. Per quanto riguarda le infusioni di cristalloidi e/o colloidi, la media di liquidi infusi è di 2500 ml (vedi Figura 3).

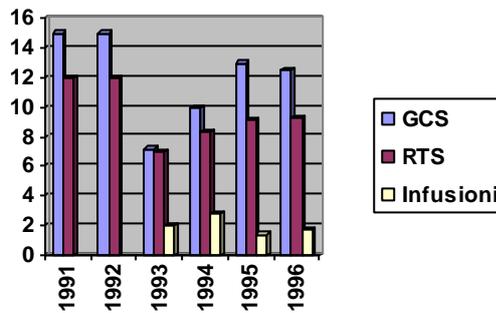


Figura 3: rappresentazione grafica dei valori di GCS e RTS nei servizi primari

La patologia dei servizi secondari è l'aneurisma, in un caso si segnala la rottura di rene posttraumatica e in un altro lo strappamento dell'arteria ascellare. I valori medi di GCS e di RTS è di 12,4 e 9.5 rispettivamente.

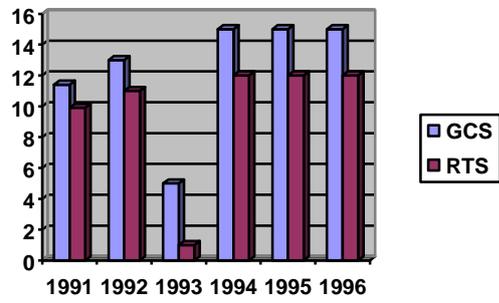


Figura 4: rappresentazione grafica dei valori di GCS e RTS nei servizi secondari

DISCUSSIONE

Grazie alla facilità d'uso e all'iniziale favorevole consenso nel trattamento dello shock emorragico, il MAST è stato ampiamente accettato da tutti i sistemi d'emergenza sanitaria negli Stati Uniti fino alla fine degli anni '80.

Nel razionale clinico vengono esposti i casi in cui il MAST non dovrebbe essere usato in quanto dimostrato avente una funzione lesiva anziché benefica.

Gli studi trials effettuati nelle città di Denver, di Houston e San Francisco hanno messo in guardia sull'uso del MAST e hanno ipotizzato che questo dispositivo non solo ritarda l'operazione di soccorso, benché vengano stimati soltanto due minuti nell'applicazione del MAST, ma non apporta beneficio al traumatizzato in termini di sopravvivenza.

L'uso del MAST è stato accettato solo a livello sperimentale, sulla scia d'emozione evocata dalla guerra del Vietnam, ma non è stato preso in considerazione a sufficienza dalla comunità scientifica. Il MAST è stato considerato come un dispositivo che ha semplicemente un effetto tamponante nel trattamento dello stato di shock. E' opinione diffusa che il MAST non peggiori il quadro clinico nella

sopravvivenza a medio termine cioè per il tempo necessario a sottoporre il paziente traumatizzato ad intervento chirurgico.

Benché gli studi per dimostrare i benefici o gli svantaggi a livello scientifico, non siano ancora giunti a chiarire la reale efficacia di questo dispositivo, il MAST è sempre stato usato a livello pratico più che altro per la sua semplicità d'uso e per i suoi intuitivi meccanismi d'azione.

In aggiunta alle motivazioni precedenti, si può affermare che il MAST abbia trovato favorevole riscontro tra operatori sanitari, anche per la rarità delle complicanze come ad esempio la sindrome compartimentale che viene stimata attorno ad un caso su tre milioni¹⁰², che non risultano sufficienti a bandirne l'uso.

Se ancora non si è riusciti a dimostrare un effetto dannoso e un peggioramento nella sopravvivenza a medio termine di un traumatizzato con lesioni addominali chiuse, trovando favorevole consenso per le emorragie retroperitoneali e le fratture di bacino che potrebbero dare luogo a delle emorragie minacciose la vita, il problema rimane quando si utilizza il MAST in quelle lesioni penetranti con lesioni vascolari non controllabili.

Tale problema non è solo di pertinenza del MAST. L'emorragico in stato di shock, ipoteso, è di una tale complessità che l'uso del MAST da solo di certo non risolve il quadro clinico.

Importanti discussioni sono state avanzate sul trattamento dello shock.

Prima fra tutte l'utilizzo dell'infusione di liquidi con soluzioni cristalloidi e/o colloidali.

Persino la rianimazione infusiva sulla scena rimane una controversia molto dibattuta.

Solo alcuni pazienti necessitano di terapia infusione sul territorio. Gli unici che potrebbero beneficiare dell'infusione di liquidi a livello extraospedaliero, sono coloro che hanno un grave shock ipovolemico ma senza lesioni fatali¹⁰³.

Per gli altri pazienti, l'infusione di cristalloidi probabilmente non sarà in grado di cambiare il meccanismo di morte che non risulterà più l'ipovolemia, ma l'emodiluzione¹⁰⁴.

Nonostante ciò, i protocolli insistono nel richiedere al personale sanitario di incannulare vie venose ed infondere soluzione nella fase territoriale del soccorso.

Questa pratica può risultare chiaramente irrazionale e inappropriata.

Si potrebbe forse permettere di prendere una via venosa sull'ambulanza a patto che questa non richieda tempi lunghi al massimo, pochissimi secondi.

A questo proposito, l'altra soluzione prospettata è stata quella dell'uso del MAST che non ha dato i benefici attesi dai dati sperimentali.

I trials suesposti hanno dimostrato un effetto potenzialmente negativo che non migliora certamente la sopravvivenza del paziente in shock emorragico. Infatti l'innalzamento della pressione sistemica arteriosa provocato dal MAST, sembra aumentare la mortalità in pazienti con ferite da arma da fuoco o da taglio.

L'aumento del sanguinamento nelle parti non compresse dal MAST è una complicanza seria. Il tasso di emorragia da una lacerazione aperta è proporzionale alla pressione del sangue all'interno del vaso lesionato meno la pressione esterna del vaso stesso.

Il MAST è inutile fino a quando non si ha disposizione una chirurgia definitiva che risolva il problema emodinamico.

Lo shock emorragico deve essere trattato al più presto dal punto di vista chirurgico per controllare definitivamente qualsiasi emorragia.

Nonostante l'aumento della pressione sanguigna e il ripristino della perfusione degli organi vitali, il MAST può essere di beneficio soltanto dopo che un'emorragia sia stata controllata, altrimenti l'aumentato flusso che porta sangue emodiluito e

non completamente ossigenato, può avere conseguenze devastanti sull'organismo.

Gli sforzi nel migliorare o cercare almeno di aumentare il flusso sanguigno, non apportano beneficio all'ossigenazione degli organi se non sono accompagnati anche da accurata emostasi.

Sicuramente il MAST solleva gli stessi dubbi dell'infusione massiva di cristalloidi.

La politica dello "scoop and run" sembra essere la sola soluzione che può concedere una probabilità maggiore di sopravvivenza ad un traumatizzato in shock emorragico.

Il MAST può dare, quindi, benefici soltanto nelle indicazioni di traumi chiusi sottodiaframmatici all'addome, al bacino e agli arti inferiori, nello shock spinale e in quello settico.

In America l'uso del MAST continua ad essere un dispositivo accettato in quelle zone rurali nelle quali il tempo di intervento dei 10 minuti previsti per il trattamento del trauma, non può essere rispettato e viene quindi applicato in qualsiasi trauma chiuso dal momento che non si può sapere se un paziente ha una lesione vascolare che può provocare l'ipotensione.

Bill Hauda¹⁰⁵, con la sua esperienza nella contea di Sacramento in California, ne sostiene l'uso per le zone disagiate e fino a quando non si dimostrerà con certezza che il MAST peggiora la sopravvivenza nel traumatizzato con lesioni chiuse, il dibattito rimane aperto. Questo autore ritiene che sia difficile privare del MAST il soggetto ipoteso che non abbia la possibilità di una via venosa in un ambiente lontano dall'ospedale, che richieda un lungo trasporto.

Larry Hatfield dell'Emergency Medical Service del New Mexico* afferma la sua contrastante opinione in merito all'uso del MAST in 25 anni di esperienza.

* Oggetto: Re: Use of MAST

Data: Mon, 05 Oct 1998 17:50:06 -0600

Da: Larry Hatfield <larryh@unm.edu>

A: S.S.U.Em. @unm.edu, 118@unm.edu, -@unm.edu, Elisoccorso@unm.edu,

Como@unm.edu, 118como@interbusiness.it

CC: Norman McSwain <norman.mcswain@tulane.edu>

I have been exposed to and used the device since it was first introduced some 25 years ago. I have had some very good experiences with it and have seen it do nothing in some patients. These patients were probably dead anyway and under our current treatment guidelines we would not even attempt resuscitation.

Patients I have had good results with were ruptured ectopic pregnancies and fractured pelvic injuries. They are not hard to apply and can be put on in a very short amount of time, if the rescuers are well trained, in tune with their equipment and serious about their use. In the hands of two trained care givers, they can be applied in as little as 60 seconds.

The key to implementing the use of MAST and having them be a positive part of patient care is to ensure that all individuals who will use them, prehospital, MD, RN and others understand how they work and what you can and cannot do with them. This helps to reduce time to treatment and inappropriate removal. WE learned this lesson early on in the introduction of the device. Currently, in our systems in New Mexico we use them for patients who are more than 30 minutes from definitive care, the injury is below the diaphragm and they are used in conjunction with fluid management.

"Il MAST è stato usato in soggetti che comunque sarebbero morti lo stesso e che secondo gli attuali protocolli di intervento non sarebbero dovuti essere rianimati, mentre si sono ottenuti interessanti risultati nelle donne gravide e nei soggetti con lesioni al bacino.

Non è difficile applicare il MAST e può essere indossato in pochissimo tempo se i soccorritori sono bene addestrati e se cooperano in sintonia tra di loro. Possono essere applicati in circa un minuto.

La chiave per favorire l'uso del MAST e per far sì che esso rivesta una parte positiva nel trattamento di un paziente, è di far capire a tutti coloro che lo usano, cioè infermieri, medici, rianimatori, come funzionino e quali siano gli effetti negativi.

Ciò aiuta a ridurre il tempo di trattamento e ad evitare che il MAST venga rimosso in modo inappropriato.

Attualmente, nel servizio d'emergenza del New Mexico, lo si usa nei pazienti che distano a 30 minuti dall'ospedale, che abbiano lesioni al di sotto del diaframma e che siano usati in concomitanza con la terapia infusiva..."

L'Europa sostanzialmente ha ignorato l'uso del MAST.

Un lavoro di Clancy¹⁰⁶ ha dimostrato che su 100 dipartimenti d'emergenza del Regno Unito, soltanto meno di 10 lo usano nel sistema preospedaliero e in meno

di cinque dipartimenti lo usano a scopo "profilattico". C'è anche una grande varietà di utilizzo del MAST in quelle situazioni in cui il dispositivo viene raccomandato dal corso ATLS.

I francesi sono i più ottimisti nell'usare il MAST perché si ritiene che se usato in modo adeguato, da un medico, in associazione con la ventilazione meccanica ed un riempimento massivo, riservandolo alle emorragie sottodiaframmatiche si possano avere buoni risultati¹⁰⁷.

L'esperienza dell'Elisoccorso medico di Como che usa il MAST dal 1991, risulta essere molto scarsa e difficile da interpretare in modo efficace a maggior ragione se non supportata da nessun'altra esperienza in Italia.

I criteri di inclusione dei pazienti sono stati quelli previsti dal razionale clinico. Sono risultati tutti pazienti con trauma addominale e degli arti inferiori.

Il Glasgow Coma Scale e il Revised Trauma Score erano elevati tranne in quei casi in cui il decesso del paziente è avvenuto prima dell'arrivo in pronto soccorso.

Tutti i pazienti rispecchiavano un quadro di shock emorragico ed erano ipotesici.

L'RTS relativamente più basso del GCS conferma questa situazione clinica. Infatti

l'RTS somma il punteggio del valore della pressione arteriosa e della frequenza respiratoria al GCS, parametri che esprimono un quadro di stato di shock.

L'utilizzo del MAST nell'elisoccorso di Como rimane ancora un dispositivo che può essere utile per aumentare la pressione sistemica e per migliorare la perfusione degli organi vitali nella sopravvivenza a breve termine fino a quando il paziente non giunga nella sala operatoria.

I tempi di percorrenza con l'elicottero sono stati contenuti e l'Elisoccorso è stato utilizzato nelle zone urbane, collinari e montagnose. Gli ospedali di riferimento sono stati principalmente Lecco e Como.

Le distanze da percorrere nelle provincie di Como e di Lecco sono relativamente brevi, eccezion fatta per certe zone dell'alto lago.

Rimane da decidere se il MAST possa essere utilizzato anche sulle ambulanze, tenendo presente che i presidi ospedalieri delle due provincie sono distribuiti omogeneamente sul territorio ad una distanza che può essere coperta in un tempo breve.

Per quanto riguarda l'utilizzo del MAST nelle zone dell'alto lago, dove i tempi di trasporto sono più lunghi per evidenti motivi geografici e per la minor distribuzione di presidi ospedalieri, sicuramente il servizio di Elisoccorso sembra essere la risposta più adeguata per coprire le distanze.

Le limitazioni dell'Elisoccorso sono date dalle condizioni atmosferiche e dalle ore notturne nelle quali l'elicottero non può alzarsi in volo.

Non sono state osservate nell'utilizzo del MAST complicazioni quali la sindrome compartimentale e l'insufficienza respiratoria.

Non sono mai stati effettuati studi multicentrici e randomizzati e l'esperienza del MAST nel S.S.U.Em. di Como si riduce soltanto all'esperienza empirica. L'utilizzo del MAST rimane confinato a quei casi di lesioni chiuse all'addome e agli arti inferiori.

Non c'è stata una revisione critica e seria che abbia dimostrato un miglioramento nella sopravvivenza di questi traumatizzati. Le indicazioni del MAST comunque rimangono quelle previste dal razionale clinico in quanto a tutt'oggi non si è dimostrato un effetto negativo e perché l'effetto tamponante e stabilizzante del MAST è riconosciuto come fattore per contrastare lo shock emorragico.

L'uso del MAST richiede un'ottima manualità, pertanto gli operatori sanitari dovrebbero esercitarsi ed affinare la tecnica del posizionamento di questo presidio.

L'applicazione del MAST dovrebbe richiedere un tempo minimo di 2 -3 minuti.

Prendere una via venosa nel soggetto ipoteso è una manovra sicuramente più complessa rispetto al posizionamento del MAST e potrebbe richiedere più tempo.

L'obiettivo rimane sempre comunque quello di prendere due vie venose periferiche con agocannule di calibro 14G secondo le disposizioni dell'ATLS, tuttavia il posizionamento del MAST può essere utile come manovra aggiuntiva, qualora si evidenziasse lo stato di shock con un calo repentino della pressione arteriosa. Il gonfiaggio del dispositivo potrebbe essere effettuato successivamente durante il trasporto sull'ambulanza o sull'elicottero.

Il MAST è sicuramente utile se ci si attiene alle precise indicazioni cliniche che la letteratura ha indicato. Per quanto riguarda le lesioni sopradiaframmatiche non ci si può discostare dalla considerazione che il MAST serve solo a peggiorare le emorragie intratoraciche, ma per tutte le altre lesioni, soprattutto quelle agli arti inferiori, al bacino e al comparto addominale, il dispositivo può essere di vantaggio per l'effetto tamponante e di spremitura.

Il fattore dei 2-3 minuti sicuramente non influisce sulla prognosi del paziente se si dovesse attenere alla rigorosa filosofia dello "scoop and run", quando in Italia i tempi intraospedalieri per la diagnosi e la cura del traumatizzato sono molto lunghi.

ICONOGRAFIA

Figura 5: il MAST è una struttura monocomponente di tessuto polivinilico ed è capace di sopportare pressioni interne di oltre i 100 mmHg

Figura 6: disporre il MAST aperto su un piano rigido

Figura 7: su questo adagiare il traumatizzato assicurandosi che la fascia addominale sia appena al di sotto dell'ultima costa.

Figura 8: avvolgere la gamba sinistra e chiudere il velcro

Figura 9: avvolgere la gamba destra e chiudere il velcro

Figura 10: avvolgere per ultimo l'addome e chiudere col velcro assicurandosi nuovamente che la parte superiore del MAST si trovi sotto l'ultima costa

Figura 11: cominciare la fase di gonfiaggio

BIBLIOGRAFIA

¹ Gaffney FA, Thal ER et al: Hemodynamic effects of Medical Antishock trousers (Mast Garment). *J Trauma* 21:931-937,1981

² McDowel RM: New (and old) uses of the anti-shock trousers. *Emergency* 12:48-53;1980

³ Crile GW: Blood pressure in Surgery. Experimental and Clinical research. Philadelphia. *JB Lippincott*, 1903, 288-91

⁴ Crile GW: Hemorrhage and transfusion.experimental and clinical research. New York, *Appleton-Century-Crofts*, 1909, p.139

⁵ Gardner WJ et al: The antigravity suit (G-suit) in surgery. *JAMA* 162:274,1956

⁶ Ferrario Cm et al: Effects of pneumatic compression on the cardiovascular dynamics in dog after hemorrhage. *Aerospace Med* 41:411,1970

⁷ Gardner WJ et al: The use of the G-suit in control of intra-abdominal bleedin. *Surg Gynecol Obstet* 123:792-798,1966

⁸ Cayten CG, Berendt BM et al: A study of pneumatic antishock garments in severely hypotensive trauma patients. *J Trauma* 24:728-735,1993

⁹ Kaplan BC: Emergency autotransfusion by medical pneumatic trouser. Disclosure of invention, logbook entry 21. *Ft Rucker*, Alabama, US Army Aeromedical Research Unit

¹⁰ Cutler BS, Daggett WM: Application of the "G-suit" to the control of hemorrhage in massive trauma. *Ann Surg* 173:511,1971

¹¹ Kaplan BC, Civetta JM et al: The military anti-shock trouser in civilian pre-hospital emergency care. *J Trauma* 13:843,1973

¹² Soler J, Muller HA et al: Clinical use of the "G-suit". *J Am Coll Emergency Physicians* 5:609,1976

¹³ Kaplan BC, Civetta JM et al: The military antishock trouser on civilian prehospital emergency care. *J Trauma* 13:843-848,1973

¹⁴ American College of Surgeons, Committee on Trauma. Advanced Trauma Life support Course, Instructor's manual's. Chicago American College of Surgeons, 1988

¹⁵ Bernard C et al: Indications de la compression pneumatique sous-diaphragmatique. *Instantanés Méd* 5:29-32,1985

¹⁶ ATST (approccio al trauma sul territorio). A cura del Gruppo di formazione del Centre Europeen pour la Medecine des Catastrophes (CEMEC). Repubblica San Marino.

¹⁷ Mc Dowell RM et al. Op. cit.

¹⁸ McSwain NE: G-Suit and Shock. A non invasive transfusion technique. *J Kans Med Soc* 77:438-441, 1976

¹⁹ Roberts VC: External compression and femoral vein flow. *Lancet* 1:136-138,1971

²⁰ Cray S, Shaver JA et al: Acute and prolonged effects of g-suit inflation on cardiovascular dynamics. *Aerospace Med* 40:4040, 1979

²¹ Bondurant S, Hickman JB et al: Pulmonary and circulatory effects of acute pulmonary vascular engorgement in normal subject. *J Clin Invest* 36:59,1957

²² Burchard KW, Slotman GJ et al: Positive pressure respirations and pneumatic antishock garment application. Hemodynamic response. *J Trauma* 25:83,1985

²³ Hauswal M, Green ER: Aortic blood flow during sequential MAST inflation. *Ann Emerg Med* 15:59,1986

²⁴ Mannering D, Bennett ED et al: Application of the medical antishock trouser (MAST) increases cardiac output and tissue perfusion in simulated, mild hypovolemia. *Intensive Care Med* 12:143,1986

²⁵ Gaffney FA: op cit.

²⁶ Savino JA, Jabbour I et al: Overinflation of pneumatic antishock garments in the elderly. *Am J Surg* 55:572,1988

²⁷ Bondurant S: op cit

²⁸ Jennings TJ, Seaworth JF et al: The effect of inflation of antishock trousers on hemodynamics in normovolemic subject. *J Trauma* 26:544-548,1986

²⁹ Johnson TJ, Bond RF et al: Efficacy of military trousers in compensatory and decompensatory hemorrhagic hypotension. *Circ Shock* 21:233-245,1987

-
- ³⁰ Barriot P, Riou B. Paradoxical bradycardia in severe haemorrhagic shock. *Intensive Care Med* 13:203-207,1987
- ³¹ Moreno C, Moore EE et al: Hemorrhage associated with major pelvic fracture. A multispecialty challenge. *J Trauma* 55:572, 1988
- ³² Mud HJ, Schattenkerk ME et al: Nonsurgical treatment of pelvic hemorrhage in obstetric and gynecologic patient. *Crit Care Med* 15:534,1987
- ³³ Eddy DM, Wangenstein SL, et al: The kinetics of fluid loss from leaks in arteries tested by an experimental ex vivo preparation and external counterpressure. *Surgery* 64:451,1968
- ³⁴ Wangenstein SL et al: Effect of external counterpressure on the intact circulation. *Surg Gynecol Obstet* 127:253,1968
- ³⁵ McCabe, JB, Johangten SR: Effect of antishock trouser inflation on plasma renin activity during hemorrhagic shock. *Ann Emerg Med* 13:17-21,1984
- ³⁶ Bickell WH, Pepe PE et al: Randomized trial of pneumatic antishock garment in the prehospital management of penetrating abdominal injuries. *Ann Emerg Med* 16:653,1987
- ³⁷ Cranta AV et al: Utility of military antishock trousers (MAST) in anaphylactic shock: a case report. *J Emerg Med* 2:349,1985
- ³⁸ Bickell WH: Military antishock trousers in a patient with adrenergic resistant anaphylaxis. *Ann Emerg Med* 13:189,1984
- ³⁹ Herrington DM et al; Nifedipine overdose. *Am J Med* 81:344,1986
- ⁴⁰ Moreno C et al: Hemorrhage associated with major pelvic fracture. A multispecialty challenge. *J trauma* 26:987,1987

-
- ⁴¹ Civetta JM et al: Prehospital use of the military antishock trouser (MAST). *JACEP* 5:581,1976
- ⁴² Mucha P et al: Hemorrhage in major pelvic fractures. *Surg Clin North Am* 68:757,1988
- ⁴³ Moreno C et al: Hemorrhage associated with major pelvic fracture. A multispeciality challenge. *J Trauma* 26:987,1986
- ⁴⁴ Hall M et al: The gravity suit. A major advance in management of gynecologic blood loss. *Obstet Gynecol* 53:247,1979
- ⁴⁵ Bickell WH, Pepe PE et al: Randomized trial of pneumatic antishock garments in the prehospital management of penetrating abdominal injuries. *Ann Emerg Med* 16:653:658,1987
- ⁴⁶ Tandberg: Successful treatment of PSVT with MAST. *Ann Emerg Med* 13:126-128,1984
- ⁴⁷ Hauswald M, Tandberg D: The effect of patient position and MAST inflation on carotid sinus diameter. *Ann Emerg Med* 14:1065,1985
- ⁴⁸ Babbs CF, et al: New versus old theories of blood flow during cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med* 8:191,1989
- ⁴⁹ Luce JM, et al: New developments in cardiopulmonary resuscitation. *JAMA* 244:1366,1980
- ⁵⁰ Bircher N et al: A comparison of standard "MAST"-augmented and open-chest CPR in dogs. *Crit Care Med* 8:147,1980
- ⁵¹ Mc Swain NE et al: G-suits and shock. A non invasive transfusion technique. *J Kans Med Soc* 77:438,1976

-
- ⁵² Gardner SR et al: The effects of pneumatic antishock garment on intracranial in man. A prospective study of 12 patients with severe head injury. *J Trauma* 24:896,1984
- ⁵³ Shires GT et al: Fluid therapy in hemorrhagic shock. *Arch Surg* 88:688,1964
- ⁵⁴ Wangesteen SL et al: The detrimental effect of the g-suit in hemorrhagic shock. *Ann Surg* 170:187,1987
- ⁵⁵ McSwain NE et al: Mast pneumatic trousers: a mechanical device to support blood pressure. *Med Instr* 11:334,1987
- ⁵⁶ Bickell WH et al: Hemodynamic response to rapid pneumatic antishock garment inflation. *Ann Emerg Med* 15:886,1986
- ⁵⁷ Flint L et al. Definitive control of bleeding from severe pelvic fracures. *Ann Surgi* 189:709;1979
- ⁵⁸ Hedges JR et al: Compartmental pressure measurements during application of the pneumatic antishock garment. *J Emerg Med* 1:377:1984
- ⁵⁹ Kaplan BH et al: Pneumatic antishock garments and the compartment syndrome. *Am J Emerg Med* 5:177,1987
- ⁶⁰ Maull KI et al: Limb loss following military antishock trouser (MAST) application. *J Trauma* 21:60,1981
- ⁶¹ Godbout B et al: Crush syndrome with death following pneumatic antishock application. *J Trauma* 24:1052-1056,1984
- ⁶² Payen D: Le pantalon antichoc. Aspects hemodynamiques et ventilatoires. In *Actualites de réanimation pré-hospitalière*, ed. Massons pp.61-65, 1987

⁶³ Shenasky JH, Gillenwate JY; The renal haemodynamic and functional effects of external counterpressure. *Surg Gynecol Obstet* 134:253:258,1972

⁶⁴ Kron IL, Harman PK et al: The measurement of intraabdpminal pressure as a criterion for abdominal reexploration. *Ann Surg* 199:28,1984

⁶⁵ Abrham E at al: Effect of pneumatic trousers on pulmonary function. *Crit Care Med* 10:754-757,1982

⁶⁶ McCabe JB, Seidel DR et al: anti-shock trousers inflation and pulmonary vital capacity. *Ann Emerg Med* 12:290-293,1983

⁶⁷ Barriot P et al: Pre-hospital management of severe haemorrhagic shock. In: *Update in intensive care and emergency medicine*

⁶⁸ Maull KI et al: Cardiopulmonary effects of the pneumatic anti-shock garment on swine with diaphragmatic hernia. *Surg Gynecol Obstet* 162:1-8,1986

⁶⁹ Maull KI et al: op. cit.

⁷⁰ Barriot et al: op. cit.

⁷¹ Rockwell DD et al: An improved design of the pneumatic counterpressure trousers. *Am J Surg* 143:377,1982

⁷² Civetta JM et al: Prehospital use of the military antishock trouser (MAST). *JACEP* 5:581,1976

⁷³ Bruining HA et al: Clinical experience with the medical antishock trousers (MAST) in the treatment of hemorrhage, especially from compound pelvic fracture. *Neth J Surg* 32-3:102,1980

⁷⁴ Hagman J et al: Diaphragmatic rupture following blunt trauma. *Ann Emerg Med* 13:49,1984

⁷⁵ Cutler BS et al: Application of the g-suit to the control of hemorrhage in massive trauma. *Ann Surg* 173:511,1971

⁷⁶ Sander et al: Alteration in MAST suit pressure with changes in ambient temperature. *J Emerg Med* 1:37,1983

⁷⁷ Sanders AB: Effect of altitude change on MAST suit pressure. *Ann Emerg Med* 12:140,1983

⁷⁸ Heckman JD et al: Emergency Care and transportation of the sick and injured. *5th ed. Rosemont, IL, American academy of orthopaedic surgeons, 1983*

⁷⁹ Mangiante EC et al: The percutaneous common femoral vein catheter for volume replacement in critically injured patients. *J Trauma* 28:,1644-1649,1988

⁸⁰ Barriot et al: op. cit.

⁸¹ ATST: op. cit.

⁸² Bickell WH et al: Hemodynamic response to rapid pneumatic antu-shock garment deflation. *Ann Emerg Med* 15,886-889,1986

⁸³ McLaughlin AP et al: The use of the external counterpressure (g-suit) in management of traumatic retroperitoneal hemorrhage. *J Urol* 107:940,1972

⁸⁴ Gustafson Ra et al: the use of the MAST suit in ruotured abdominal aortic aneurysm. *Am Surg* 49:454,1983

-
- ⁸⁵ Pelligra R et al: Control of intractable abdominal bleeding by external counterpressure. *JAMA* 241:708,1979
- ⁸⁶ Mud HJ et al: Nonsurgical treatment of pelvic hemorrhage in obstetric and gynecologic patients. *Crit Care Med* 15,534-535,1987
- ⁸⁷ Fowler RL et al: Basic trauma life support. Advanced prehospital care, ed. 2. *Englewood Cliffs*, NJ, Prentice Hall, pp.107-119, 1988
- ⁸⁸ Caroline NL: Emergency Care in the streets, ed 2. *Boston Little Brown*, p.57, 19883
- ⁸⁹ Shock. In American College of Surgeons' Committee on Trauma. Advanced Trauma Life Support Program for Physicians: Instructor manual. Chicago, American College of Surgeons, pp. 75-110, 1993
- ⁹⁰ Lilja GP et al: Value of the counterpressure suit (MAST) in prehospital care. *Minn Med* 58:540-543,1975
- ⁹¹ Wayne MA et al: Clinical evaluation of the antishock trouser: Retrospective analysis of five year of experience. *Ann Emerg Med* 12:342-347,1983
- ⁹² American College of Surgeons, Committee on Trauma. Advanced Trauma Life Support (ATLS) Course. Chicago, American College of Surgeons, 1981, p. 17
- ⁹³ Mattox KL et al: Prospective MAST study in 911 patients. *J Trauma* 29:1104-1112,1989
- ⁹⁴ Bickell et al: Randomized trial of pneumatic antishock garments in the prehospital management of penetrating abdominal injuries. *Ann Emerg Med* 16:653-658, 1987
- ⁹⁵ Honigman B et al: The role of pneumatic antishock garment penetrating cardiac wounds. *JAMA* 266:2398-2401,1991
- ⁹⁶ Pepe PE et al: Clinical trials of the pneumatic antishock garment in the urban prehospital setting. *Ann Emerg Med* 15:1407-1410,1986

⁹⁷ Mattox KL et al: op. cit.

⁹⁸ Honigman et al: op. cit

⁹⁹ Mackersie RC et al: The prehospital use of external counterpressure: does MAST make a difference. *J Trauma* 24:882-888,1984

¹⁰⁰ Mattox KL et al: Prospective randomized evaluation of antishock MAST in post traumatic hypotension. *J Trauma* 26:779.784,1986

¹⁰¹ Berendt BM et al. Survival not improved by MAST use in ITEC trauma registry. *The ITEC Newsletter* 16:6,1991

¹⁰² PHTLS, op. cit.

¹⁰³ PHTLS: op. cit.

¹⁰⁴ Hauswald M: No to Multicenter trials for MAST USE. *Ann Emerg Med* 16:1409,1987

¹⁰⁵ Hauda B: in EMS-Edu-L. Archive 1996: MAST studies

¹⁰⁶ Clancy MJ: Pneumatic anti-shock garment- does it have a future?. *J Acc Emerg Med* 12(2):123-125,1995

¹⁰⁷ Rioux B et al: I pantaloni antishock