



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Facoltà di Medicina e Chirurgia

Corso di Laurea in Infermieristica

Sede formativa di Venezia (Mestre)

Tesi di Laurea

Instabilità emodinamica nelle fratture del bacino:
efficacia e complicazioni riguardo l'utilizzo
precoce dei PCCDs

Relatore: Prof. Bortoli Nicola

Laureando: Padoan Luca

Matricola 1047610

Anno accademico 2014-2015



UNIVERSA
UNIVERSIS
PATAVINA
LIBERTAS

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Corso di Laurea in Infermieristica

Il sottoscritto Padoan Luca, matricola 1047610, laureando presso il Corso di Laurea in Infermieristica, nella sessione di Ottobre /Novembre 2015,

autorizza

la visione del proprio elaborato di tesi presso il Corso di Laurea in Infermieristica della sede di appartenenza.
In fede.

Data _____

Firma _____

Si prega di compilare la scheda in tutte le sue parti in modo leggibile, la scheda permetterà una veloce archiviazione delle tesi e una successiva facilitazione nella consultazione.

AREA TESI (mettere una croce sulla casella di interesse)*	ACh	AM	AC X	APe	AO	AG	AD	APs	AF	AA	AE
COGNOME E NOME	Padoan Luca										
RELATORE	Bortoli Nicola										
TITOLO TESI	Instabilità emodinamica nelle fratture del bacino: efficacia e complicazioni riguardo l'utilizzo precoce dei PCCDs										
PAROLE CHIAVE (max 3)	<i>"Pelvic Fracture/injuries", "Hemorrhage (MESH)", "Pelvic Circumferential Compression Devices (PCCDs)"</i>										
ANNO ACCADEMICO	2014-2015										

*Legenda:

ACh: area chirurgica generale e specialistica; **AM:** area medica generale e specialistica; **AC:** area critica; **APe:** area pediatrica; **AO:** area ostetrica-ginecologica; **AG:** area geriatria e riabilitazione; **AD:** area domiciliare; **APs:** area psichiatrica; **AF:** area formazione; **AA:** area assistenza generale (aspetti generali dell'assistenza non collegabili a particolari aree mediche); **AE:** area Extra (organizzazione dei servizi, qualità, problematiche riguardanti gli infermieri, altro non catalogabile nelle aree specialistiche)

INDICE

ABSTRACT

CAPITOLO I: DESCRIZIONE DEL PROBLEMA

1.1 Incidenza politrauma	Pag.1
1.2 Epidemiologia delle fratture del bacino	Pag.1
1.3 Anatomia del bacino	Pag.2
1.4 Tipi di fratture pelviche	Pag.3
1.5 Emorragia associata alle fratture pelviche	Pag.4
1.6 Valutazione iniziale	Pag.5
1.7 Trattamento	Pag.5

CAPITOLO II: SCOPO DELLO STUDIO

2.1 Scopo dello studio	Pag.9
2.2 Quesiti di ricerca	Pag.9
2.3 Rilevanza per la professione	Pag.9

CAPITOLO III: MATERIALI E METODI

Pag.11

CAPITOLO IV: RISULTATI DELLA RICERCA

Pag.13

4.1 Efficacia dei PCCDs	Pag.14
4.2 Quale dispositivo scegliere?	Pag.20
4.3 Posizionamento dei devices	Pag.22
4.4 Complicanze	Pag.23

CAPITOLO V: DISCUSSIONI

Pag.27

CAPITOLO VI: CONCLUSIONI

Pag.31

BIBLIOGRAFIA

Pag.33

ABSTRACT

Introduzione: Le lesioni dell'anello pelvico risultano essere particolarmente letali a causa delle emorragie ad esse associate. L'emostasi legata alla riduzione del volume pelvico tramite l'utilizzo dei Pelvic Circumferential Compression Devices (PCCDs) viene già attuata nelle situazioni di emergenza, tuttavia, non sono ancora chiari gli effetti e le complicanze associate a tali dispositivi. Lo scopo di questo studio è proprio quello di indagare sulle principali evidenze riguardo l'efficacia dei PCCDs, in termini di riduzione del volume pelvico, di riduzione del sanguinamento e riguardo le complicanze ad essi associate.

Materiali e metodi: È stata svolta una revisione della letteratura, con la quale sono stati esaminati gli studi riguardanti i PCCDs pubblicati negli ultimi 10 anni, dopo essere stati reperiti dalle principali banche dati.

Risultati della ricerca: La ricerca ha portato all'analisi di 29 articoli, di cui, 3 linee guida, 5 revisioni della letteratura, 1 trial clinico randomizzato, 3 studi clinici prospettici, 1 studio controllato storicamente, 5 studi retrospettivi, 5 studi biomeccanici, 1 case series e 5 case report.

Conclusioni: Le evidenze presenti in letteratura risultano essere ancora piuttosto scarse, tuttavia i PCCDs si sono dimostrati efficaci nella riduzione del volume pelvico e, nella maggior parte dei casi, anche nella riduzione del sanguinamento della pelvi. Qualora vengano posizionati correttamente, a livello del grande trocantere del femore, le uniche complicanze riportate sono state lesioni cutanee o tissutali e un caso di paralisi nervosa. Non sono presenti chiare evidenze a supporto di un presidio piuttosto che di un altro.

Parole chiave: *Pre-hospital, Pelvic Fracture/injuries, Hemorrhage (MESH), Pelvic ring, T-POD, Sheet, Sheeting, Pelvic Binder e Pelvic Circumferential Compression Devices (PCCDs).*

CAPITOLO I

DESCRIZIONE DEL PROBLEMA

1.1 Incidenza dei politraumi

Per quanto si registri, negli ultimi anni, un deciso trend in diminuzione del numero di incidenti mortali (1), i politraumi continuano a rappresentare una priorità in sanità pubblica per gli esiti letali che essi determinano, per le disabilità permanenti provocate e per il costo sociale ad essi attribuibile.

Secondo l'Organizzazione mondiale della sanità OMS (2), gli incidenti stradali rappresentano l'ottava causa di morte nel mondo fra gli adulti e la prima fra i giovani di età compresa tra i 15 e i 29 anni. Ogni giorno circa 3.500 persone muoiono a causa di un incidente stradale per un totale di 1.24 milioni di morti/annue.

Circa il 90 % dei decessi avviene nelle prime ore dal trauma: le morti immediate rappresentano il 57 % dei decessi, si presentano nell'arco di alcuni minuti dall'evento traumatico, non sono prevenibili e sono solitamente provocate da lesioni spinali, del cranio o dei grossi vasi.

Le morti precoci avvengono nell'arco di alcune ore dall'evento traumatico, rappresentano il 30-35% dei decessi, sono potenzialmente prevenibili e fanno riferimento a lesioni del torace, degli organi parenchimatosi, del bacino e dei visceri.

Le morti tardive, infine, insorgono nel periodo di una o due settimane dopo il trauma, rappresentano il numero minore dei casi di decesso (10 %) ed essendo associate a sepsi o insufficienza multipla d'organo, sono sicuramente prevenibili e di conseguenza assolutamente trattabili. (3)

1.2 Epidemiologia delle fratture del bacino

Le lesioni del bacino rientrano nella classificazione delle morti precoci, infatti, vengono solitamente generate da traumi chiusi ad alta energia cinetica, i quali comportano un alto grado di instabilità emodinamica e di conseguenza un alto numero di morti durante le prime ore dal trauma. (4)

Le fratture dell'anello pelvico non sono molto frequenti: rappresentano solo il 2-8 % di tutte le fratture (5) ma sono presenti nel 20-25 % dei pazienti politraumatizzati (6,7) e la stima risulta essere di 23 casi ogni 100.000 persone, di cui, circa la metà, presenta instabilità emodinamica (8). La maggior parte delle morti si verifica direttamente sul sito dell'incidente (60 %) e, per emorragia pelvica, la mortalità risulta essere del 5-30 %, ma può salire addirittura al 10-50 % nel caso di trauma chiuso ed instabilità emodinamica (9-12) e, se associata a lesioni cerebrali, la mortalità si impenna vertiginosamente (13). Questo tipo di inconvenienti si riscontra più frequentemente nei pazienti giovani tra i 15 e i 28 anni, in seguito ad incidenti automobilistici/motociclistici nel 70-80 %, a cadute dall'alto nel 10-30 % dei casi e a traumi da schiacciamento nel 5-10 % dei casi (14). I fattori di rischio condizionanti l'incremento della mortalità comprendono: la gravità del trauma score, l'età del paziente, il sesso, la presenza di lesioni craniche o viscerali associate, le perdite ematiche, l'ipotensione, le coagulopatie e l'instabilità o l'esposizione della frattura (13).

1.3 Anatomia del bacino (15)

La pelvi è una struttura ossea a forma di anello composto posteriormente dall'osso sacro e dal coccige ed anteriormente e lateralmente dalle due ossa che formano l'anca, chiamate ossa iliache, formate a loro volta da ileo, ischio e pube. La fusione di queste ultime forma l'acetabolo, che accoglie la testa del femore per formare l'articolazione dell'anca, la quale permette il movimento completo dell'arto inferiore.

Una estesa rete di legamenti collega i margini laterali del sacro con la cresta iliaca, costruendo l'articolazione sacro-iliaca, ovvero, l'articolazione più resistente del corpo umano. Un'ulteriore rete di legamenti collega i vari distretti pelvici per garantire la stabilità del bacino, infatti, l'interruzione di queste connessioni è in grado di produrre una grave e potenzialmente pericolosa instabilità pelvica. Le porzioni antero-mediali delle ossa coxali si connettono l'una all'altra per mezzo di un disco di fibrocartilagine, nella sinfisi pubica, rendendo questo punto, il più debole dell'anello pelvico.

Gli organi principali che si trovano all'interno del bacino sono la vescica, il retto, il canale anale, l'uretra, la prostata nel maschio e l'utero e la vagina nella femmina, i quali vengono irrorati da numerosi vasi, tra cui l'arteria e la vena ipogastrica, l'iliaca interna ed esterna e

tutte le loro diramazioni (Figura 1.1). All'interno della cavità pelvica è inoltre presente una vasta rete di strutture nervose.

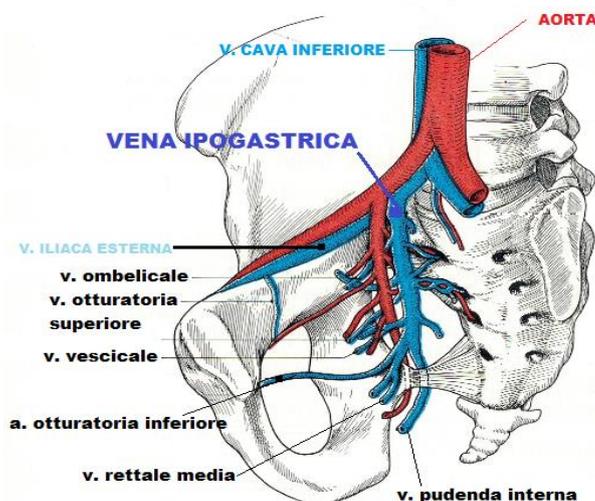


Figura 1.1: I principali vasi della pelvi

(adattata da <http://www.fertilitycenter.it/wp-content/uploads/2013/05/vena-ipogastrica.png>)

1.4 Tipi di fratture pelviche

Da come si può intuire, nel paziente politraumatizzato che presenta emodinamica instabile, va sempre sospettata una lesione dell'anello pelvico come conseguenza dell'impatto ad alta energia. Essendo il bacino un anello chiuso, le fratture si verificano, nella maggior parte dei casi, in più punti. Esistono diversi schemi di classificazione delle fratture, i quali sono fondamentali, non solo per identificare e descrivere la lesione, ma soprattutto per pianificarne il trattamento e predirne l'esito. Le classificazioni principalmente usate sono: il sistema di Tile (16) ed il sistema di Young-Burgess (17), infatti, entrambe sono state incorporate nel sistema utilizzato dall'*Orthopaedics Trauma Association*.

Secondo la classificazione Young-Burgess, che suddivide le interruzioni dell'anello pelvico in base alla direzione della forza di lesione, le lesioni da compressione laterale (LC) avvengono nel 60-70 % dei casi e sono provocate solitamente da un impatto ad alta energia sul lato del corpo, le lesioni antero-posteriori (APC) rappresentano il 15-20 % delle fratture, sono relative ad impatti frontali e nei casi più gravi possono provocare l'interruzione completa dell'articolazione sacro-iliaca ed infine, le lesioni a taglio verticale o "vertical shear" (Tile C), che, rappresentando il 5-15 % dei casi, sono il risultato

dell'influenza di molteplici forze poiché, solo un lato del bacino viene forzato verso l'alto (10) e, separandosi interamente dall'altra metà, provoca frequenti lesioni vascolari (18) e del plesso lombosacrale con conseguenti danni neurologici. (19)

Il termine “frattura a libro aperto” o frattura “*open book*” viene usato nella classificazione di Tile (Tile B1) per definire un allargamento o un apertura della sinfisi pubica a seguito di una compressione sagittale. Nel caso in cui si presenti un apertura eccessiva della sinfisi pubica, c'è una maggior probabilità che il bacino posteriore sia lesionato e che quindi si presenti un sanguinamento dal plesso venoso posteriore e, a volte, dai rami dell'arteria iliaca interna. (20)

Contrariamente, nella frattura a libro chiuso o “*closed book*” (Tile B2), una compressione laterale interrompe l'arco anteriore e sollecita in chiusura l'articolazione sacro-iliaca, riducendo dunque il volume pelvico e rendendo poco probabile un'emorragia potenzialmente letale.

La frattura di tipo B3 si viene a creare nel caso in cui un trauma ad alta energia agisca associato ad una contropinta dal lato opposto, provocando un'interruzione dell'arco anteriore e una lesione posteriore bilaterale. Se il trauma è sagittale, allora si avrà un “open book” bilaterale con diastasi grave della sinfisi pubica, se invece il trauma è laterale allora si presenterà una frattura “closed book” dal lato del trauma e una “open book” dal lato opposto.

Le fratture di tipo A, infine, si riferiscono a lesioni stabili dell'anello pelvico le quali non sono particolarmente associate a gravi emorragie.

1.5 Emorragia associata alle fratture pelviche

Come si può cogliere, la complicanza più temuta di una frattura del bacino è sicuramente l'emorragia silente ed incontrollata nello spazio retroperitoneale, cavità in grado di accogliere l'intero volume ematico del paziente. La maggior parte delle emorragie si verifica in associazione a fratture di tipo “open book” e nell'85-90 % dei casi è di origine venosa, dovuta alla lacerazione del plesso venoso pelvico, del plesso venoso pre-sacrale o del plesso venoso vescicale. Il restante 10-15 % è solitamente relativo a sanguinamenti arteriosi (principalmente dall'arteria iliaca interna) o al sanguinamento di monconi ossei fratturati (21). Essendo un'emorragia silente, ovvero, difficile da individuare, soprattutto

nei traumi chiusi, il riconoscimento di tale condizione deve essere tempestivo, e per questo motivo, in ogni quadro traumatico, sarebbe opportuno sospettare una lesione dell'anello pelvico dal momento che oltre il 20 % delle fratture pelviche è in grado di provocare instabilità emodinamica e oltre 1/3 dei pazienti ricoverati in ospedale, con fratture pelviche, richiede emotrasfusioni. (11)(22)

Oltre alle lesioni muscoloscheletriche associate (80 % dei casi) (21) e alle lesioni vascolari, i pazienti con frattura del bacino presentano, in molti casi, anche lesioni degli organi e dei tessuti contenuti nella cavità pelvica o nel peritoneo (11) e complicanze quali: coagulopatie, sindrome da distress respiratorio e insufficienza renale. (23)

1.6 Valutazione iniziale

Il dolore pelvico è il segno più comune nei pazienti coscienti ma può essere indicativo anche il dolore della porzione inferiore della schiena, dell'inguine o dell'anca (24). Oltre ai tipici segni di shock, può essere inoltre rilevata un'asimmetria nella lunghezza delle gambe o una rotazione anormale, il riscontro di una risalita della prostata all'esplorazione rettale, di sanguinamenti dal meato uretrale, di un edema progressivo ed ecchimosi o sanguinamenti scrotali, vaginali, perianali e del fianco. Un'ipotensione inspiegabile, infine, può essere l'unico segno precoce di grave frattura del bacino.

Questa valutazione e l'eventuale trattamento vengono effettuati nella fase C (Circulation) come previsto dall'algoritmo *Advanced Trauma Life Support* (ATLS) dell'*American College of Surgeons Committee on Trauma*, (10) dopo l'attenta valutazione delle vie aeree (fase A) e la risoluzione dei problemi respiratori (fase B). La valutazione e il trattamento del paziente terminerà con l'individuazione delle varie disabilità (fase D) e con l'esposizione e allo stesso tempo la messa in sicurezza il paziente (fase E).

1.7 Trattamento

Essendo, l'emorragia interna, la principale causa di morte durante le prime 24 ore dopo una frattura di bacino, (21)(25) il trattamento dovrebbe iniziare già in fase preospedaliera attraverso un immediato controllo del sanguinamento ed una rapida infusione di liquidi. Per tentare una imminente chiusura del bacino e una rapida emostasi del sanguinamento

pelvico sono stati introdotti, da un paio di anni, dei presidi detti “*Pelvic Circumferential Compression Devices*” o “*PCCDs*” oltre al già conosciuto metodo di chiusura attraverso un lenzuolo avvolto attorno al bacino. Un PCCD è una vera e propria cintura che, avvolta attorno al bacino lesionato e stretta con dei meccanismi di chiusura, è in grado di esercitare una pressione costante sulle ossa del bacino. Questi dispositivi venivano descritti per la prima volta nel 1999 (26) per poi essere introdotti nelle principali linee guida come trattamento iniziale delle fratture del bacino. Attualmente i tre tipi di PCCDs più usati sono: il *Pelvic Binder*®, il *SAM Sling*TM e il *T-POD*®, i quali, ancora oggi, non dispongono di evidenze chiare e confermate.

La gestione del dolore dovrebbe avvenire già sul territorio mediante l'utilizzo di farmaci analgesici. I pazienti con tali lesioni possono essere inizialmente valutati e trattati anche in ospedali non attrezzati per il trattamento definitivo di emorragie di questa entità ma successivamente dovranno essere indirizzati, in base alla *Revised Trauma Score* (RTS) o alla *Injury Severity Score* (ISS), al presidio ospedaliero più idoneo al trattamento (27). Nella fase intraospedaliera, la valutazione clinica e radiografica del bacino, basata sull'identificazione del grado di stabilità o di instabilità, è la piattaforma di partenza per tutte le decisioni successive. Il trattamento definitivo prevede la stabilizzazione delle fratture e/o delle lussazioni che compongono la lesione dell'anello pelvico, la quale, solitamente avviene entro le 24/72h, mediante intervento chirurgico con conseguente posizionamento di un morsetto pelvico d'emergenza detto C-Clamp o un fissatore esterno o, in alcuni casi, di un fissatore interno della porzione anteriore/posteriore dell'anello pelvico (28)(29).

Spesso la stabilizzazione meccanica riduce la quantità di perdita ematica del bacino, ma non fornisce una completa emostasi. Se la situazione emodinamica del paziente rimane instabile o se le indagini strumentali evidenziano un sanguinamento di origine arteriosa, deve essere praticata un' immediata emostasi chirurgica direttamente nella zona retroperitoneale, attraverso l'ausilio di garze sterili. Questa manovra viene chiamata *packing pelvico* e può essere utilizzata in associazione ad un'ulteriore modalità di trattamento emostatico: l'embolizzazione dei vasi in via angiografica (30)(31).

I *Pelvic Circumferential Compression Devices* vengono attualmente utilizzati, in situazioni di emergenza, nella cura iniziale dei pazienti con frattura pelvica, poiché sono di semplice utilizzo, possono essere applicati rapidamente da chiunque sia stato istruito al

posizionamento e infine sembrerebbero in grado di ridurre il volume della pelvi e il sanguinamento.

L'obiettivo dello studio è, appunto, quello di creare un inventario delle più recenti evidenze presenti in letteratura riguardo l'efficacia dei PCCDs in termini di riduzione del volume pelvico, di riduzione del sanguinamento e di ricerca rispetto le possibili complicanze associate a tali presidi.

CAPITOLO II

SCOPO DELLO STUDIO

2.1 Scopo dello studio

L'utilizzo di presidi per la compressione e la contenzione del bacino viene sempre di più discusso in letteratura a causa del loro ruolo nella gestione del paziente emorragico con traumatismo del bacino. Tutt'oggi, non sono ancora chiari gli effetti dei PCCDs nella riduzione del volume della cavità pelvica e nella riduzione del sanguinamento, né tantomeno sono ben chiare le complicanze associate a tali presidi. Proprio per questo motivo, lo scopo di questa revisione sistematica è quello di indagare sulle principali evidenze, presenti fino ad oggi, riguardo l'efficacia dei PCCDs in termini di riduzione del volume pelvico, di riduzione del sanguinamento e delle complicanze ad essi associate.

2.2 Quesiti di ricerca

I quesiti che hanno guidato lo sviluppo della ricerca sono:

- L'utilizzo precoce di un PCCDs in un paziente politraumatizzato, è efficace nella riduzione delle fratture pelviche e nel controllo dello shock emorragico?
- Quale device scegliere per ottenere il miglior risultato con le minori complicanze?
- Qual è la posizione più adatta per migliorare l'efficacia e ridurre i danni?
- Quali sono le complicanze maggiori associate all'utilizzo di PCCDs?

2.3 Rilevanza per la professione

La figura dell'infermiere risulta essere determinante nella gestione del paziente politraumatizzato poiché, nella maggior parte dei casi, questo professionista viene in contatto con una situazione particolarmente complessa già in ambiente extraospedaliero. Compito dell'infermiere sul territorio è quello di valutare le lesioni potenziali e quelle presenti, affinché possano essere prontamente trattate. Durante la fase di valutazione del paziente, l'infermiere deve, fin da subito, prestare attenzione alla dinamica dell'evento e ai

segni e sintomi presentati poiché possa essere sospettata una lesione del bacino o meno. Importanti sono dunque le capacità dell'infermiere di indagare sulle obiettività che si presentano nei casi in cui il bacino sia lesa e di attuare prontamente interventi a favore del supporto delle funzioni vitali quali l'emostasi precoce e il reintegro volumico.

I PCCDs, essendo dei dispositivi di contenzione non invasivi, possono essere gestiti in toto dall'infermiere, il quale deciderà se è opportuno applicare il device, quale tipo di presidio deve essere utilizzato e in che modo deve essere posizionato.

Nella fase di applicazione l'infermiere deve prestare particolare attenzione a quale altezza viene regolato il dispositivo e a non provocare ulteriori lesioni al paziente conseguenti alle manovre necessarie per la chiusura corretta. La conoscenza delle complicanze associate all'uso di questi dispositivi, infine, diventa fondamentale per l'infermiere affinché possa prevenirle o prontamente identificarle al fine di ridurle al minimo.

Essendo una professione sanitaria caratterizzata da attività e responsabilità proprie, come scritto nella legge n°42 del 26 Febbraio 1999 dal titolo "*Disposizioni in materia di professioni sanitarie*", la professione infermieristica possiede un proprio campo di ricerca e per questo motivo si è ritenuto di fondamentale importanza individuare i principali studi presenti in letteratura riguardo l'efficacia e le complicanze dei PCCDs, affinché gli infermieri possano essere guidati nella presa delle decisioni da evidenze del tutto valide e consolidate.

CAPITOLO III

MATERIALI E METODI

Negli ultimi anni gli studi sulla gestione dell'emorragia critica nei pazienti con lesioni del bacino, sono aumentati in maniera notevole. La letteratura disponibile a riguardo è perciò piuttosto vasta, il che rappresenta sicuramente un vantaggio per chi si appresti a svolgere una ricerca bibliografica, ma altresì un ostacolo a causa della difficoltà ad individuare, fra tutti, i testi e gli articoli più significativi o che trattano prettamente la gestione mediante PCCDs.

Per poter individuare le principali evidenze sull'utilizzo di presidi di contenzione del bacino per la prevenzione delle emorragie critiche è stata effettuata una revisione sistematica della letteratura, ricercando, nelle principali banche dati, gli studi riguardanti questo argomento. La ricerca delle fonti bibliografiche è stata effettuata nel periodo di Giugno - Settembre 2015 attraverso la consultazione delle principali banche dati contenenti articoli scientifici quali: Medline, Embase, Cinahl, Cochrane e Scopus.

La strategia di ricerca utilizzata si basava sul metodo del PIO:

P: Popolazione/malattia → Paziente adulto politraumatizzato con dinamica/sospetto di trauma al bacino

I: Intervento o Variabile di interesse → utilizzo di un PCCD

O: Outcomes → Riduzione del volume pelvico, dell'emorragia associata e dell'insorgenza di complicanze.

Le parole chiave, utilizzate in modo crociato tra di loro, nei vari database di ricerca sono state: *Pre-hospital, Pelvic Fracture/injuries, Hemorrhage (MESH), Pelvic ring, T-POD, Sheet, Sheeting, Pelvic Binder e Pelvic Circumferential Compression Devices (PCCDs)*.

La ricerca comprende articoli pubblicati negli ultimi 10 anni, nel periodo temporale che va dal 2005 a Settembre 2015. La ricerca non è stata ristretta per lingua o stato di pubblicazione ma sono stati esclusi tutti gli studi che comprendevano un campione neonatale, pediatrico, non adulto (età inferiore ai 18 anni o superiore ai 65 anni) o animale, gli studi che non presentavano il full text o che riguardavano esclusivamente la stabilizzazione invasiva del bacino.

La selezione degli articoli, inizialmente, è avvenuta considerando il titolo e l'abstract della pubblicazione. Successivamente, se veniva confermato che l'articolo era pertinente con il tema d'interesse, si procedeva alla ricerca del full-text. In seguito, sulla base dell'analisi delle bibliografie, sono stati ricercati, tramite Google Scholar, ulteriori articoli che risultavano pertinenti con l'argomento trattato anche se non rilevati dalla stringa di ricerca iniziale. Si è, infine, consultato il sito internet dell'American College of Surgeons con l'obiettivo di reperire le linee guida Advanced Traumatic Life Support ATLS.

CAPITOLO IV

RISULTATI DELLA RICERCA

La ricerca bibliografica è stata svolta principalmente su Medline (Pubmed). Dalle varie stringhe di ricerca è emerso un totale di 375 articoli, da cui, dopo la lettura degli abstract, sono stati scartati 337 articoli perché non pienamente pertinenti all'argomento studiato. Dei 38 articoli rimanenti, dopo la lettura del full text e dopo l'analisi degli studi correlati, sono stati definiti 29 articoli da utilizzare per questo tipo di revisione della letteratura.

Sono state esaminate: 3 linee guida, 5 revisioni della letteratura, di cui solo 2 trattavano prettamente l'argomento dei PCCDs, 1 trial clinico randomizzato, 3 studi clinici prospettici, 1 studio controllato storicamente, 5 studi retrospettivi, 5 studi biomeccanici, 1 case series e 5 case reports (Figura 4.1).

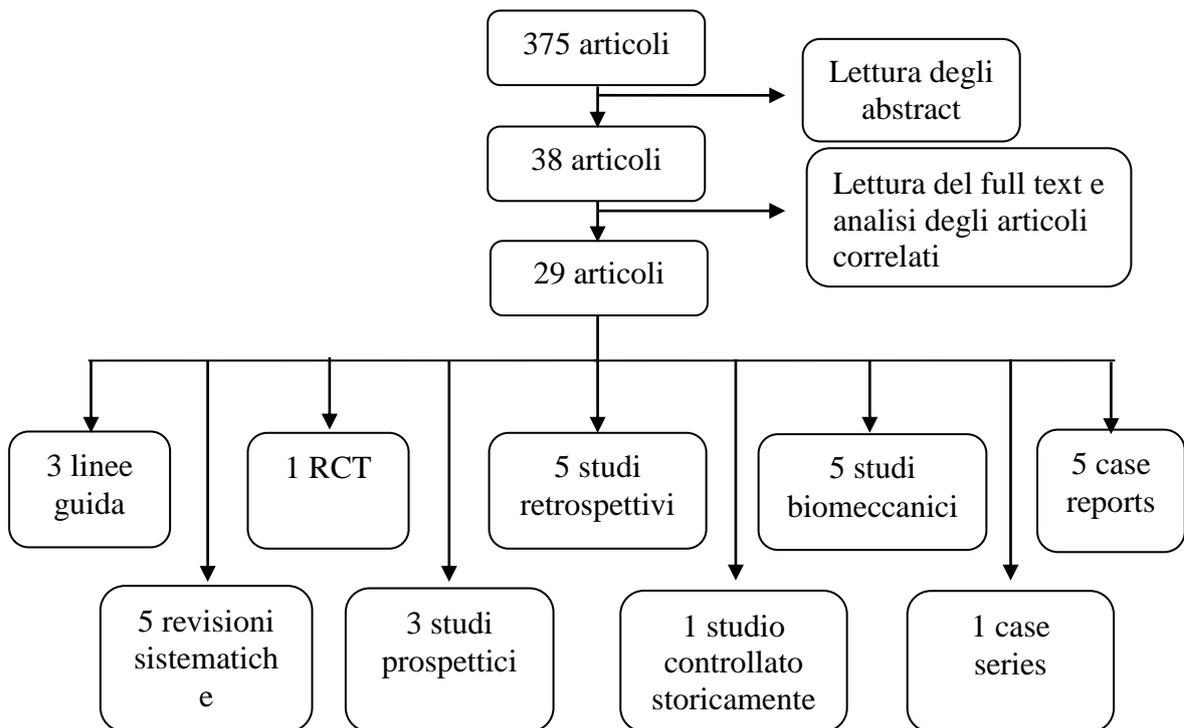


Figura 4.1. Algoritmo della ricerca

4.1 Efficacia dei PCCDs

Dalla ricerca, come detto precedentemente, sono emerse 5 revisioni sistematiche della letteratura da cui poter ricavare alcune informazioni riguardo l'efficacia dei PCCDs:

La più recente revisione presa in esame (32) si focalizzava sulle recenti conoscenze delle diverse modalità di trattamento, invasive e non invasive, dei pazienti con gravi fratture pelviche ed emorragie associate. Di 48 studi citati dalla revisione, solo una decina trattavano l'argomento dei PCCDs, facendo riferimento all'efficacia, al corretto posizionamento e alle complicanze degli stessi.

Nella gestione iniziale del paziente con sospetta lesione pelvica, l'autore supporta il posizionamento precoce di questo tipo di dispositivi, poiché, gli studi reperiti provavano l'efficacia degli stessi non solo nella riduzione del volume pelvico ma anche nella riduzione dell'emorragia. Lo studio di Croce et al. (33) infatti, dimostrava che in un campione di 186 pazienti (93 trattati con *Pelvic Orthotic Device* POD e 93 trattati con fissazione esterna EPF), le unità trasfuse nelle prime 24 ore (4.9 U vs 17.1 U, $p < 0.0001$) e nelle 48 ore (6.0 vs 18.6 U, $p < 0.0001$) risultavano nettamente minori quando veniva posizionato il POD. Anche la degenza ospedaliera (16.5 giorni vs 24.4 giorni, $p < 0.03$) e la mortalità (26 % vs 37 %, $p = 0.11$) erano minori col POD rispetto l'EPF, quest'ultima, però, non risultava statisticamente significativa. Croce et al. concludevano attribuendo i risultati così ottimi a favore del POD, al tempo di applicazione del dispositivo, poiché, risultava molto minore al tempo richiesto per il posizionamento dell'EPF e di conseguenza si aveva, fin da subito, un maggior controllo dell'emorragia.

A supporto della mancanza di correlazione tra l'uso di questi devices e la mortalità, è anche uno studio caso controllo effettuato qualche anno dopo in un trauma center del Texas (34). Venivano messi a confronto due gruppi di pazienti con frattura pelvica: il primo gruppo era composto da 118 pazienti, ai quali veniva posizionato immediatamente il PCCD all'arrivo nel dipartimento di emergenza, e veniva mantenuto per 24-72 ore o fino al completamento della stabilizzazione definitiva del bacino; il gruppo dei controlli, invece, era composto da 119 pazienti ricercati attraverso il registro traumi, i quali erano stati assistiti l'anno precedente, senza l'utilizzo di alcun PCCD, se non, in alcuni casi, del classico lenzuolo avvolto attorno al bacino. La mortalità risultava in entrambi i gruppi del 23 % ($p = 0.92$) ma, in questo studio, anche il numero delle unità trasfuse nelle prime 24

ore non risultava significativamente a favore dei PCCDs (5.2 ± 10 U NO PCCDs vs 4.6 ± 9 U PCCDs, $p = 0.64$).

La seconda revisione sistematica (35), citata anche nella revisione precedente, si focalizzava maggiormente sugli studi rivolti a questi dispositivi. Analizzava, infatti, 17 articoli con lo scopo di dimostrare le evidenze sull'efficacia e la sicurezza dei PCCDs. Nello studio venivano presi in esame: 1 Trial clinico prospettico che investigava l'efficacia dei PCCDs nella riduzione delle fratture parzialmente stabili o instabili, 1 studio clinico retrospettivo precedentemente citato, 3 studi biomeccanici sulle proprietà dei PCCDs, effettuati su cadaveri, 1 case series sull'efficacia del lenzuolo nella riduzione del sanguinamento, 1 studio clinico sulla pressione esercitata dal PCCD e 7 case report di cui 2 riportavano la riduzione anatomica della frattura dopo il posizionamento del lenzuolo, altri 2 parlavano della stabilizzazione emodinamica e 3 parlavano delle complicanze relative ai dispositivi di compressione del bacino. Gli ultimi 3 articoli citati dallo studio contenevano opinioni degli esperti perciò non presentavano alcun paziente.

Nonostante lo studio non riporti prove d'efficacia clinica di livello I o II, l'autore afferma che i PCCDs risultano efficaci nella riduzione delle fratture pelviche e nel controllo dell'emodinamica, tuttavia, è opportuno prestare particolare attenzione all'insorgenza di complicanze.

Il trial clinico (36) analizzato dalla revisione sistematica appena vista dimostrava l'efficacia di un prototipo di SAM Sling nella riduzione delle fratture pelviche parzialmente stabili o instabili, trattate in sala d'emergenza. Ad ognuno dei 13 pazienti veniva effettuata una radiografia al bacino al momento dell'ingresso in sala d'emergenza, veniva poi posizionato il PCCD e veniva riproposta una nuova radiografia. La terza e ultima radiografia veniva effettuata dopo la stabilizzazione definitiva dell'anello pelvico.

L'applicazione del PCCD negli otto pazienti, che presentavano una frattura aperta, dimostrava una significativa riduzione dell'ampiezza dell'anello pelvico ($9.9 \text{ mm} \pm 6.0 \%$, $p = 0.003$) che era addirittura comparabile con i risultati ottenuti dal trattamento definitivo ($10.0 \text{ mm} \pm 4.1 \%$, $p = 0.001$). I device inoltre dimostravano una riduzione significativa anche dello spostamento verticale (da $12.5 \pm 10.0 \text{ mm}$ a $7.4 \pm 7.6 \text{ mm}$, $p = 0.007$). Nei cinque pazienti che presentavano una frattura "closed book", dopo l'applicazione del

device, si notava un ulteriore riduzione del volume pelvico, senza particolari complicanze da sovra-riduzione.

Analogamente, anche un'analisi retrospettiva del 2012, (37) reperita attraverso la ricerca, dimostrava l'efficacia dei dispositivi per la stabilizzazione non invasiva del bacino. Lo studio veniva condotto su un campione di 115 pazienti reclutati nel registro traumi in un periodo di tempo di 41 mesi. Dall'indagine si poteva notare che solo in 43/115 pazienti era stato posizionato un PCCD (37%), dei quali, solo 12 avevano subito un'applicazione extraospedaliera. All'esame radiologico, dei 43 pazienti, 18 (42 %) presentavano una riduzione totale della frattura pelvica, 11 (26 %) presentavano un miglioramento nella riduzione della frattura, 9 (21 %) non avevano subito cambiamenti e 5 (11 %) avevano subito un peggioramento della frattura. Entrando più nello specifico, la riduzione totale o il miglioramento dell'allineamento dell'anello pelvico, nelle fratture di tipo B1 era pari a 13/13 (100 %) e nelle fratture di tipo C 14/17 (82 %). I 5 casi in cui si era verificata una deformazione della frattura pelvica, dopo il posizionamento del PCCD, erano stati documentati nelle fratture di tipo B2 3/8 (37 %) e di tipo B3 2/5 (40 %), che comunque non evidenziavano particolari complicazioni.

In questo tipo di pazienti, la riduzione del volume pelvico, in alcuni casi, risulta particolarmente associata alla stabilizzazione emodinamica (38). Un volume pelvico minore è in grado di creare un effetto tamponante in grado di ridurre il sanguinamento e di conseguenza un miglioramento dell'emodinamica (39). L'efficacia dell'emostasi dei PCCDs per il controllo dell'emodinamica, veniva dimostrata da un recente studio prospettico (40) effettuato su 15 pazienti con frattura del bacino, i quali, giunti in shock room non presentavano nessun device di stabilizzazione della pelvi. Dopo la valutazione dei parametri vitali e dopo l'esecuzione della radiografia al bacino, veniva posizionato un *T-POD®* al paziente. Alla misurazione dei parametri vitali si poteva immediatamente notare un aumento significativo della pressione arteriosa media PAM (da 65.3 a 81.2 mmHg, $p=0.03$), una riduzione della frequenza cardiaca FC (da 107 a 94 bpm, $p=0.02$) e dopo l'esecuzione dell'esame radiologico, una riduzione della diastasi della sinfisi pubica del 60 % ($p=0.01$).

Anche nel case series di T. Nunn et al. (41) si dimostrava una riduzione della FC e un aumento della PAM.

I risultati estrapolati da questi studi stanno a supporto del posizionamento precoce dei PCCDs, soprattutto in ambiente preospedaliero e prima ancora dell'esame radiologico, poiché tutti i tipi di trauma al bacino sono in grado di provocare uno shock emorragico (42) e la stabilizzazione risulta nella maggior parte dei casi efficace e priva di complicanze da sovra-riduzione. È fondamentale, quindi, il controllo tempestivo del sanguinamento della pelvi così che vi sia un minor rischio di complicanze legate allo shock quali l'ipotermia, la coagulopatia, l'acidosi e la sindrome da disfunzione multiorgano (MODS), particolarmente pericolose per il paziente. (31)

Nel 2013, i ricercatori del Regno Unito pubblicavano una dichiarazione di consenso sulla gestione preospedaliera delle fratture del bacino (43). Dopo un'attenta analisi della letteratura, venivano selezionati 17 articoli dai quali gli esperti avevano elaborato delle indicazioni. La cintura pelvica veniva considerata un trattamento vero e proprio nella gestione del paziente con lesione pelvica e per questo motivo si suggeriva un'applicazione immediatamente dopo l'evento traumatico, anticipandola addirittura all'estricazione, quando possibile, e tralasciando la manovra di assessment del bacino detta "*springing*", poiché uno studio del 1990 (44) l'aveva definita come poco sensibile (59% dei casi) e rischiosa per la possibilità di rottura del coagulo e di conseguenza della ripresa del sanguinamento.

L'utilizzo preospedaliero dei PCCDs, tuttavia, era già stato argomentato in una revisione della letteratura del 2007, (45) la quale aveva individuato 36 articoli con l'obiettivo di identificare la metodologia migliore di management del paziente con sospetta frattura pelvica. Fin da subito veniva evidenziata l'importanza del posizionamento precoce di un PCCD ogni qualvolta si presentasse il sospetto di una lesione della pelvi o un'inspiegabile ipotensione, anche in assenza di chiari segni, mantenendolo applicato fino al momento della stabilizzazione definitiva dell'anello pelvico (32) o al momento in cui le indagini strumentali escludono qualsiasi tipo di lesione al bacino.

In letteratura non sono presenti studi effettuati direttamente in ambiente extraospedaliero poiché le circostanze li rendono particolarmente difficoltosi, tuttavia, dalla ricerca, è stato reperito uno studio che riprende l'efficacia dei PCCDs nel trasferimento, da un ospedale ad un trauma center, di pazienti con instabilità emodinamica da frattura pelvica. (46)

Visionando il registro traumi per un periodo di 53 mesi, venivano arruolati 585 pazienti con varie tipologie di frattura pelvica. I pazienti con frattura pelvica instabile (135/585), trasferiti con PCCDs, dimostravano una significativa riduzione della necessità di emotrasfusioni (398.4 ± 417.6 mL con PCCDs vs 1954.5 ± 249.0 mL senza PCCDs, $p < 0.001$) e una riduzione della degenza nella terapia intensiva (6.6 ± 5.2 giorni vs 11.8 ± 7.7 giorni, $p = 0.024$) e nell'ospedale (9.4 ± 7.0 giorni vs 19.5 ± 13.7 giorni, $p = 0.006$). Anche nei pazienti con frattura pelvica stabile (450/585) si poteva notare una riduzione delle unità trasfuse (120.2 ± 178.5 mL vs 231.8 ± 206.2 mL, $p = 0.018$), una diminuzione della degenza in terapia intensiva (1.7 ± 3.3 giorni vs 3.4 ± 2.9 giorni, $p = 0.029$), e nel reparto di degenza ospedaliera, (6.8 ± 5.1 giorni vs 10.4 ± 7.6 giorni, $p = 0.018$) rispetto i pazienti che non venivano trasferiti con PCCDs.

Nonostante la letteratura risulti piuttosto controversa sull'efficacia dei PCCDs nella riduzione del sanguinamento della pelvi e di conseguenza nella stabilizzazione emodinamica, sicuramente è stato dimostrato che sono in grado di ridurre il volume pelvico. Per questo motivo sono, comunque, state pubblicate un numero esiguo di raccomandazioni e di linee guida circa l'impiego di questi dispositivi:

Nel 2007 venivano pubblicate delle linee guida europee (47) sulla gestione dei sanguinamenti successivi a trauma. Il problema del sanguinamento della pelvi veniva già trattato in letteratura ma la linea guida riprendeva questo argomento in sole due raccomandazioni:

- Raccomandazione 12: si raccomanda nel paziente con lesione dell'anello pelvico e shock emorragico, un immediata chiusura e stabilizzazione dell'anello pelvico (Grado 1B);
- Raccomandazione 13: si raccomanda nei pazienti con instabilità emodinamica un adeguata stabilizzazione dell'anello pelvico e una precoce emostasi chirurgica o tramite embolizzazione angiografica (Grado 1B).

Un po' più sensibili al problema risultavano le nuove linee guida della *Eastern Association for the Surgery of Trauma Practice* (48) che, nel 2011 provvedevano all'aggiornamento delle linee guida precedentemente pubblicate nel 2001, attraverso la ricerca in letteratura delle evidenze più recenti, dalle quali venivano poi proposte delle raccomandazioni sulla

gestione completa del paziente emorragico con frattura pelvica. Analizzando solo la fase di gestione precoce attraverso i PCCDs, le linee guida EAST 2011 affermavano che i PCCDs sono in grado di ridurre efficacemente le fratture pelviche instabili e il volume pelvico (Livello raccomandazione III), possono limitare l'emorragia pelvica ma non sembra possano influenzare la mortalità (Livello raccomandazione III) e infine hanno lo stesso effetto o addirittura migliore di alcuni fissatori esterni nel controllo dell'emorragia (Livello raccomandazione III).

Nel 2012 venivano pubblicate le linee guida *Advanced Traumatic Life Support 9°ed* dell'*American College of Surgeons* (10) in cui il trattamento dei pazienti con frattura pelvica ed emorragia associata, si basava sul reintegro volémico attraverso i vari colloidali e cristalloidi e sul controllo dell'emorragia attraverso la stabilizzazione meccanica mediante trazione longitudinale, applicata direttamente in ambiente extraospedaliero, mediante l'utilizzo di un PCCD o di un lenzuolo avvolto attorno al bacino del paziente, posizionato a livello del trocantere e a contatto diretto con la cute.

Le più recenti raccomandazioni reperite, infine, provengono dalla dichiarazione di consenso italiana (49) per il management dei pazienti con instabilità emodinamica associata a frattura pelvica. Dopo un'ampia revisione sistematica della letteratura, venivano definite alcune raccomandazioni circa l'utilizzo dei PCCDs e riguardo il trattamento invasivo di queste lesioni. L'indicazione è quella di posizionare i PCCDs già nell'extraospedaliero o quanto prima possibile, nel caso in cui venga accertata un'instabilità della pelvi, (Grado di Raccomandazione A, Livello delle Evidenze III) e devono essere rimossi non appena c'è la possibilità di completare una fissazione esterna anteriore o posteriore (Grado di Raccomandazione B, Livello delle Evidenze III).

La Consensus Conference considerava, inoltre, i PCCD come una vera e propria modalità di trattamento extraospedaliero e come una valida alternativa al fissatore esterno qualora non risultasse possibile l'esecuzione dell'intervento chirurgico per la stabilizzazione definitiva.

4.2 Quale dispositivo scegliere?

Dalla ricerca sono stati reperiti alcuni articoli che mettono a confronto non solo i vari PCCDs disponibili sul mercato, tra di loro, ma anche con il semplice lenzuolo avvolto attorno al bacino.

Proprio lo studio di DeAngelis et al. (50), citato anche nella revisione sistematica esposta in precedenza, effettua un confronto tra l'efficacia della riduzione della frattura pelvica utilizzando un lenzuolo avvolto attorno al bacino del paziente e tenuto in trazione attraverso un morsetto posto anteriormente, rispetto l'utilizzo del *Trauma Pelvic Orthotic Device (T-POD®)*. Per poter indagare questo aspetto venivano effettuate delle radiografie pre e post stabilizzazione, venivano indotte chirurgicamente delle fratture di tipo Young-Burgess APC II, prima del posizionamento del lenzuolo attorno al bacino e dell'applicazione del *T-POD®*. Quest'ultimo dimostrava una migliore riduzione della frattura rispetto il semplice lenzuolo: partendo da una diastasi media della sinfisi pubica di 39.3 mm con un range di 33-46 mm (95% CI 30.95-47.55), utilizzando il lenzuolo avvolto attorno al bacino, la diastasi si riduceva a 17.4 mm (range 3-38 mm, 95% CI -0.14 a 34.98), mentre con il *T-POD®* diveniva, in media, di 7.1 mm (range 1-19 mm, 95% CI -2.19 a 16.35). Nel 75% dei cadaveri (9 su 12), infine, il *T-POD®* era stato in grado di ridurre la frattura alla normalità (<10 mm) a differenza del lenzuolo che aveva ripristinato la frattura in soli 2 cadaveri (17%).

Contrariamente, era stato dimostrato in uno studio clinico più recente (51), effettuato su un campione di 5 cadaveri imbalsamati, in cui, l'efficacia nella riduzione della frattura del *T-POD®* risultava comparabile con quella del lenzuolo. Come nello studio precedente, la lesione veniva creata chirurgicamente ma i PCCDs venivano posizionati in maniera randomizzata e successivamente, attraverso dei sensori elettromagnetici posizionati in entrambe le emi-pelvi, veniva misurato lo spostamento compiuto da questi, dopo l'applicazione dei dispositivi.

Si poteva notare che entrambi i dispositivi riducevano il volume pelvico dopo la loro applicazione ma sia dal punto di vista sagittale, che assiale, che coronale, non presentavano differenze statisticamente significative, neanche dopo il log roll, lo spostamento sul letto ospedaliero e l'elevazione a 45° della testiera del letto. L'autore concludeva supportando

l'utilizzo del lenzuolo, poiché risultava più facile da reperire, di rapido utilizzo e meno costoso rispetto i PCCDs, dimostrandosi comunque efficace nella stabilizzazione.

La ricerca del presidio di compressione del bacino più adeguato tuttavia, non riguarda solo ed esclusivamente studi incentrati sull'efficacia della riduzione della frattura, bensì, è stato analizzato anche uno studio biomeccanico (52) che comparava la differenza delle forze applicate da ogni dispositivo (*Pelvic Binder®*, *SAM Sling™* e *T-POD®*) nella riduzione totale della frattura. In 16 cadaveri venivano praticate, in modo randomizzato, 4 tipologie di frattura e successivamente venivano applicati dei marcatori a infrarossi nei diversi frammenti della lesione pelvica, per poi lasciare spazio al posizionamento di uno dei tre dispositivi, scelto casualmente. Alla ricostruzione tridimensionale della pelvi, si poteva notare che nelle fratture di tipo A secondo la classificazione di Tile, non venivano evidenziate importanti riduzioni della frattura pelvica con nessuno dei tre devices. La riduzione completa o quasi completa (<10 mm) si osservava con tutti e tre i metodi di contenzione del bacino, nella frattura di tipo B1 con diastasi di 100mm, infatti, dopo l'applicazione del *T-POD®* o del *Pelvic Binder®*, la diastasi diveniva <5mm mentre con il *SAM Sling™* diveniva di circa 7mm. Anche nella frattura di tipo C il dislocamento, dopo il posizionamento dei devices, diveniva <5mm, perciò si poteva concludere che tutti e tre i dispositivi si dimostravano in grado di ridurre efficacemente le fratture pelviche parzialmente stabili o instabili ma solo il *T-POD®* richiedeva una forza di trazione così bassa: 43 ± 7 N contro i 60 ± 9 N del *Pelvic Binder®* e i 112 ± 10 N del *SAM Sling™*.

Per il confronto dal punto di vista emodinamico, dalla ricerca è stato reperito uno studio retrospettivo (53) che comparava tre diverse modalità di stabilizzazione dell'anello pelvico in termini di utilizzo di emocomponenti, mortalità, degenza ospedaliera e incidenza di sanguinamenti pelvici. Stando ai dati del *German Pelvic trauma registry*, di 6137 pazienti con lesione pelvica, solo 192 venivano trattati con solo uno dei dispositivi scelti tra il lenzuolo, il PCCDs o il C-Clamp. La mortalità risultava minore (ma comunque non statisticamente significativa) nei pazienti giovani con *Injury Severity Score* (ISS) bassa che venivano trattati solo con il C-clamp, usato, appunto, nella maggior parte dei casi (69%), seguito dal lenzuolo (16%) e dalla cintura pelvica (15%). L'unica differenza significativa riguardava l'incidenza dei sanguinamenti della pelvi dove il lenzuolo presentava il numero più alto di casi, 23 % rispetto il 4 % della cintura pelvica e l'8 % del C-clamp, mentre era

possibile intuire che le tempistiche di applicazione del PCCDs e del lenzuolo risultavano nettamente inferiori a quelle di applicazione del C-Clamp.

Restando in tema di tempi di posizionamento dei dispositivi, lo studio condotto da D. Brison et al. (54) aveva dimostrato che sia il *SAM SlingTM* sia il *T-POD®* non richiedevano mai un tempo superiore ai 60 secondi per la loro applicazione: per il primo ne servivano mediamente 18 mentre il secondo ne richiedeva 31 ($p \leq 0.0001$). Lo studio veniva effettuato dopo una breve periodo di educazione circa i principi e il posizionamento dei PCCDs. I 50 sanitari coinvolti nello studio, si erano dimostrati in grado di eseguire un posizionamento corretto nel 100 % dei casi, esplicitando la semplicità di applicazione di entrambi i devices. Tra i due dispositivi, comunque, la maggior parte dei sanitari (78 %) preferiva il *T-POD®* rispetto al *SAM SlingTM* (22 %) nonostante fosse richiesto un tempo maggiore di applicazione.

4.3 Posizionamento dei devices

Come abbiamo visto in precedenza, numerosi studi e linee guida raccomandano l'utilizzo dei PCCDs già in ambiente extraospedaliero nel paziente con sospetta lesione pelvica, prima ancora che siano state eseguite delle indagini strumentali. Il posizionamento corretto di questi dispositivi, però, risulta fondamentale se si vuole che siano in grado di ridurre efficacemente le fratture pelviche e l'emorragia associata, senza che vi siano complicanze. La prima evidenza clinica riguardo il corretto posizionamento della cintura pelvica deriva da uno studio retrospettivo (55) effettuato in un periodo di 30 mesi, in cui venivano visionate 168 radiografie del bacino, sulle quali si poteva notare il posizionamento di un PCCD. Dallo studio si notava che solo in 83 casi (circa il 50 %) la cintura pelvica era stata posizionata a livello del grande trocantere mentre nei restanti casi era stata posizionata più alta (39 %) o più bassa (11 %). In un sottogruppo di 17 pazienti con frattura "open book", è stato possibile valutare l'effetto del malposizionamento del PCCD sulla riduzione della diastasi: il dislocamento delle ossa pubiche risultava 2,8 volte superiore (differenza media di 22mm) nel gruppo in cui il PCCD era stato posizionato sopra la linea del grande trocantere (n=6) rispetto al gruppo sul quale il dispositivo era stato posizionato a livello del grande trocantere (n=11) ($p=0.01$).

La linea corretta per il posizionamento sia dei PCCDs, sia del lenzuolo, perciò, risulta essere quella del grande trocantere del femore (10)(21)(32)(41), tuttavia, come descritto anche in un case report (56), in alcuni casi, l'utilizzo di un solo dispositivo non è in grado di ridurre completamente la frattura. Per ridurre l'extrarotazione degli arti inferiori e favorire un allineamento totale del bacino si provvede al posizionamento di un lenzuolo avvolto attorno alle ginocchia del paziente in modo che gli arti inferiori risultino intraruotati, poiché, questa manovra favorisce la riduzione del volume pelvico.

L'applicazione dei PCCDs, come abbiamo visto, risulta particolarmente semplice e rapida se si conosce la procedura, per questo motivo risulta di fondamentale importanza un training adeguato al fine di non causare, al paziente, danni da malposizionamento. (55)

La procedura di applicazione di questi dispositivi richiede l'esecuzione del log roll, una manovra che impone di agire con molta cautela, poiché, potrebbero verificarsi complicanze non di poco conto (31): alcuni studi suggeriscono di favorire la mobilizzazione e la movimentazione del paziente su di una superficie morbida o con la barella scoop piuttosto che sulla tavola spinale, in modo non completo e nel minor numero di volte possibili (42)(55) proprio perché, dallo spostamento e dal cambio di pressione esercitata, potrebbe risultarne una rottura del coagulo con conseguente ripresa del sanguinamento. (45)

Si consiglia, infine, di posizionare questi devices a contatto diretto con la pelle del paziente o di un indumento leggero, poiché, viene garantita un'applicazione più corretta (43) e, se posizionato a livello del grande trocantere, permette una maggior accessibilità dell'addome, nel caso sia opportuno effettuare una laparotomia, e dell'inguine, nel caso in cui venga richiesto un accesso femorale. (21)(57)

4.4 Complicanze

I device di compressione del bacino, esercitando una pressione costante a livello del grande trocantere, non risultano essere esenti da complicanze. Dalla ricerca sono stati reperiti alcuni studi che parlano della complicanza principale che si verifica a seguito dell'utilizzo dei PCCDs, ovvero le lesioni da pressione.

Lo studio di S.P. Knops et al. (58) sulla base di altri studi precedenti, affermava che i danni tissutali si potevano verificare qualora una pressione costante maggiore di 9.3 kPa venisse mantenuta per un tempo superiore alle due o tre ore e, per questo motivo, si raccomandava

che la pressione della cintura pelvica venisse tenuta ad una soglia inferiore di 4.66 kPa, poiché, sia comunque permessa la circolazione sanguigna capillare. L'obiettivo dello studio era quello di ottenere una conoscenza più approfondita riguardo le pressioni esercitate dai vari PCCDs (*Pelvic Binder®*, *SAM Sling™* e *T-POD®*) nei 4 distretti anatomici indicati (anteriore, posteriore, laterale dx e sin). Le pressioni esercitate, misurate su un modello artificiale, risultavano essere in tutti e tre i casi molto differenti tra di loro nei vari distretti. Seguendo le istruzioni di posizionamento fornite dai produttori, la pressione esercitata sul bacino superava di gran lunga il livello di danneggiamento dei tessuti (9.3 kPa) arrivando ad un range pressorio massimo di 18.9-23.3 kPa per il versante destro, 19.2-27.5 kPa per il versante sinistro e non superiore ai 18 kPa in quello posteriore. Un altro studio (59) simile, questa volta effettuato su 10 individui sani, si poneva l'obiettivo di valutare in che modo venivano distribuite le pressioni sul bacino una volta che veniva posizionato il *Pelvic Binder®*. Per l'acquisizione dei dati, veniva posizionato un sensore pressorio a livello delle prominenze ossee della spina iliaca antero-superiore, del grande trocantere e del sacro. I risultati dimostravano che le pressioni esercitate a livello del grande trocantere oscillavano dai 5 ai 33 kPa (media 17 kPa), sul sacro da 8 a 25 kPa (media 13.4) e sulla spina iliaca da 8 a 17 kPa (media 11.1). La variabilità dei risultati pressori poteva essere attribuita alla proporzionalità inversa esistente tra la pressione esercitata e il BMI del paziente e per questo motivo si poteva notare che la pressione limite per l'insorgenza delle LDP veniva superata soprattutto negli individui più magri. Le evidenze maggiori, infine, derivano da un trial clinico randomizzato (60) che prendeva in esame 80 volontari sani con lo scopo di individuare le pressioni esercitate dai vari tipi di PCCDs (*Pelvic Binder®*, *SAM Sling™* e *T-POD®*) a livello del grande trocantere e del sacro. Per la misurazione delle pressioni veniva usato, anche in questo caso, un sensore posizionato appunto, sopra le zone interessate e, in modo randomizzato, veniva posizionato uno dei tre tipi di PCCD sul soggetto in posizione supina, sopra la tavola spinale. Anche in questo studio, nella maggior parte dei casi la pressione esercitata era maggiore rispetto alla pressione limite di danno tissutale (9.3 kPa) e le pressioni esercitate risultavano differenti in base al tipo di PCCD posizionato, in base al BMI (inversamente proporzionale) e in base al sesso e all'età dell'individuo. Le pressioni maggiori sia a livello del grande trocantere che a livello del sacro, si evidenziavano, dopo il posizionamento del *Pelvic Binder®* mentre le pressioni minori si avevano con il *SAM Sling™*. Si poteva inoltre notare, in tutti

e tre i casi, una netta diminuzione della pressione esercitata a livello del sacro e del grande trocantere, quando il soggetto rimaneva supino sul letto ospedaliero, anziché sulla tavola spinale.

In letteratura, infine, sono presenti alcuni case report che descrivono le modalità di insorgenza di queste complicanze. Nella revisione della letteratura di Spanjersberg et al. (35), si faceva riferimento a due case report: il primo descriveva l'insorgenza di edema associato a un elevato reintegro volémico e necrosi cutanea dopo 48 ore dal posizionamento del PCCD, mentre il secondo descriveva l'insorgenza di necrosi cutanea dopo 10 ore dall'applicazione del dispositivo e, l'unico caso di paralisi nervosa bilaterale del muscolo tibiale anteriore, dell'estensore dell'alluce e dell'estensore lungo delle dita, dopo 16 ore dal posizionamento. Il caso più disastroso si era verificato in un paziente politraumatizzato sul quale era stato mantenuto il PCCD per un tempo maggiore di 7 giorni e di conseguenza aveva sviluppato una bruttissima necrosi muscolare. (61)

Un uso prolungato di questi presidi di immobilizzazione, perciò, è chiaro che può causare lesioni cutanee, necrosi tissutali e severe lesioni nervose, tuttavia, rimane ancora poco definito il tempo in cui insorgono questi effetti avversi (36). Per questo motivo, molti degli articoli o linee guida viste in precedenza, raccomandavano l'uso di questi presidi per il minor tempo possibile necessario alla stabilizzazione definitiva.

CAPITOLO V

DISCUSSIONI

Le fratture pelviche possono risultare delle lesioni molto pericolose per la vita del paziente per questo motivo, un intervento rapido ed efficace sta alla base dell'algoritmo di gestione del individuo traumatizzato. Nel caso di un'emorragia pelvica, associata a lesioni del bacino, è fondamentale provvedere fin da subito al reintegro volumico e all'emostasi del sito di sanguinamento, affinché non vi sia l'insorgenza di complicanze potenzialmente pericolose come la triade letale (ipotermia, coagulopatia intravascolare disseminata e acidosi), quadri di setticemia o la sindrome da disfunzione multiorgano (MODS). (10)(31)

La revisione della letteratura ha dimostrato che la maggior parte degli studi suggerisce, in primo luogo, l'applicazione dei Pelvic Circumferential Compression Devices ovvero dei dispositivi non invasivi in grado di fornire una compressione diretta sul bacino dell'individuo.

Quasi tutte le evidenze presenti in letteratura si sviluppano in ambiente intraospedaliero, poiché non risulta particolarmente semplice studiare questo tipo di dispositivi in un contesto di urgenza e di emergenza extraospedaliera. Nella maggior parte degli studi viene dimostrata l'efficacia dei PCCDs nella riduzione del volume pelvico in qualsiasi tipo di frattura, poiché, risultano in grado di comprimere interamente la circonferenza del bacino e di conseguenza vengono indotte delle modificazioni morfologiche dell'anello pelvico. Con la riduzione del volume della cavità pelvica, nella maggior parte dei casi, il sanguinamento dei vasi venosi danneggiati può essere interrotto a causa dell'effetto tamponante ad opera dell'ematoma retroperitoneale che si viene a formare. Sebbene non siano presenti importanti evidenze, viene comunque dimostrata l'efficacia di questi dispositivi nella stabilizzazione emodinamica in termini di aumento della pressione arteriosa media, di riduzione della frequenza cardiaca e nella riduzione delle giornate di degenza ospedaliera o nelle terapie intensive. Un po' più controversa rimane la questione della richiesta emotrasfusionale, poiché, sono stati reperiti degli studi in contrasto l'uno con l'altro: gli studi di Croce et al. e di MD Chih-Yuan Fu et al. dimostravano che i PCCDs richiedevano un minor numero di unità trasfusionali rispetto la fissazione esterna, nel primo caso, e al mancato posizionamento di devices, nel secondo caso; lo studio di Ghaemmaghami et al. invece, affermava che non vi era significatività statistica riguardo le differenze di unità

trasfuse nelle prime 24 ore tra i pazienti ai quali veniva posizionato il PCCD e quelli che non avevano nessun dispositivo applicato. In tutti e tre gli studi, comunque, la mortalità non risultava statisticamente a favore dell'utilizzo dei PCCDs.

Dagli studi di comparazione tra i vari devices (compreso il lenzuolo), non sono state tratte particolari conclusioni, poiché, anche in questo caso, la letteratura non risulta pienamente esaustiva. Il lenzuolo, sicuramente, risulta essere il presidio più facilmente reperibile ed applicabile, essendo anche il meno costoso. Tuttavia, solo uno studio favoriva l'utilizzo di quest'ultimo rispetto agli altri dispositivi, poiché, i restanti studi documentavano maggiori casi di sanguinamento della pelvi o una riduzione della frattura minore rispetto quella ottenuta con i PCCDs.

Gli altri dispositivi (*Pelvic Binder*®, *SAM Sling*TM e *T-POD*®) si sono dimostrati tutti efficaci nel ridurre le fratture pelviche, ma, stando agli studi esaminati, il *SAM Sling*TM è il dispositivo più rapido da applicare e che genera la pressione minore tra i tre dispositivi, quando viene posizionato sul bacino del paziente. Il *T-POD*®, invece, è il dispositivo che riduce nel modo migliore le fratture, richiedendo la forza di trazione minore e, sebbene richieda un tempo di posizionamento maggiore del *SAM Sling*TM, la maggior parte dei sanitari coinvolti nello studio di D.J. Bryson et al. dava la preferenza a questo device, probabilmente a causa delle sue caratteristiche tecniche: è al 100% trasparente alle radiografie, esiste di una sola misura ed è l'unico device che può essere usato nella chiusura del bacino anche nei bambini inferiori ai 23 Kg.

Per quanto riguarda il posizionamento, la linea di applicazione del PCCD risulta sicuramente essere quella del grande trocantere del femore, ciò nonostante, in alcuni casi è possibile evidenziare malposizionamenti, probabilmente a causa delle poche informazioni ricevute dai soccorritori riguardo l'utilizzo di questi dispositivi. Un'indagine nazionale di 144 Trauma Unit nel Regno Unito (62) aveva dimostrato che solo la metà dei dipartimenti ortopedici avevano partecipato al programma di training sull'applicazione dei PCCDs mentre, nel dipartimento di emergenza, il numero risultava ancora minore. Il grande trocantere non veniva identificato da tutti come il sito più corretto per il posizionamento e per questo motivo sarebbe opportuno un programma di training specifico per implementare le informazioni sul corretto uso di questi presidi.

Qualche anno fa, per la stabilizzazione e la riduzione del volume pelvico, venivano usati dei presidi chiamati *Pneumatic Antishock Garments* o *PASG*, supportati da studi di tipo

retrospettivo, (63)(64)(65) i quali dimostravano una riduzione del sanguinamento successivo all'applicazione degli stessi. Altri studi, tuttavia, avevano dimostrato che in molti pazienti si verificavano casi di sindrome compartimentale addominale e squilibri elettrolitici. Anche l'esame obiettivo risultava difficoltoso, poiché erano dispositivi ingombranti e di difficile applicazione e, per questo motivo si era deciso di abbandonarne il loro utilizzo. (66)(67)

L'ultima parte della discussione si focalizza, appunto, sulle complicanze indotte dai PCCDs, proprio per non incorrere a fallimenti come nel caso dei *PASG*. Nella maggior parte degli studi, si può notare che la pressione esercitata dai dispositivi risulta essere maggiore rispetto la pressione sanguigna capillare (4.66 kPa) che permette il circolo nei vari tessuti (68) e, addirittura maggiore della pressione limite per l'insorgenza di lesioni tissutali (9.3 kPa). Tutti i dispositivi, quindi, possono causare lesioni cutanee o tissutali nel caso in cui vengano mantenuti continuamente per un periodo di tempo superiore alle 2-3 ore (69). Per ovviare a questo problema, i principali studi raccomandano la sostituzione dei PCCDs con i metodi di fissazione invasiva, nel minor tempo possibile richiesto, anche perché, come dimostrato da una revisione della letteratura inglese, il trattamento definitivo è in grado di produrre risultati anatomici migliori (espressi come miglior riduzione della diastasi e minor casi di malconsolidamento) rispetto i dispositivi non invasivi (70). La seconda tipologia di complicanza associata all'uso di PCCDs riguarda il sistema nervoso, infatti, era stato riportato un solo caso di paralisi nervosa bilaterale del muscolo tibiale anteriore, dell'estensore dell'alluce e dell'estensore lungo delle dita. Dalla letteratura, non sono comunque emerse complicanze particolarmente pericolose per la vita del paziente nel caso in cui il dispositivo venga usato nel modo corretto e per le tempistiche previste.

CAPITOLO VI

CONCLUSIONI

La letteratura disponibile riguardante i PCCDs risulta essere, attualmente, ancora con scarsi livelli delle evidenze. Tuttavia, l'uso di questi dispositivi è assolutamente raccomandato già nella fase extraospedaliera ogni qualvolta si presenti una dinamica che faccia sospettare una lesione della pelvi o nel caso in cui si presenti uno stato ipotensivo non diversamente spiegabile, poiché risultano essere immediati, di semplice applicazione, non particolarmente costosi e possono essere utilizzati in qualsiasi tipo di paziente, senza che insorgano complicanze pericolose per la vita dello stesso. I PCCDs sono in grado di ridurre il volume pelvico nei pazienti con bacino fratturato e, in alcuni casi, di ridurre il sanguinamento della pelvi, stabilizzando pazienti emodinamicamente compromessi. Le maggiori evidenze presenti in letteratura supportano l'utilizzo del *T-POD®* o del *SAM Sling™* e affermano che il posizionamento deve avvenire a livello del grande trocantere del femore per ovviare a malriduzioni della frattura. Le complicanze associate a questi dispositivi fanno riferimento principalmente a danni tissutali da pressione, nel caso in cui il dispositivo rimanga posizionato per tempi troppo lunghi. Non è stato possibile identificare il tempo preciso di insorgenza delle lesioni e per questo motivo il suggerimento è quello di rimuovere i PCCDs non appena è possibile concludere la stabilizzazione invasiva del bacino. Vista la scarsa presenza di trial clinici randomizzati, sarebbe opportuno sostenere studi di questo tipo, per poter valutare quali siano i dispositivi più efficaci ed allo stesso tempo più sicuri nella gestione di pazienti con lesioni del bacino. Indagini simili, sicuramente promuoverebbero lo sviluppo di linee guida basate sul fondamento scientifico delle principali evidenze presenti in letteratura.

BIBLIOGRAFIA

- (1) ISTAT. Incidenti stradali Stima preliminare. Anno 2014. ISTAT; 2015
- (2) World Health Organization. WHO global status report on road safety 2013: supporting a decade of action. World Health Organization; 2013.
- (3) Chiara O, Scott JD, Cimbanassi S, Marini A, Zoia R, Rodriguez A, et al. Trauma deaths in an Italian urban area: an audit of pre-hospital and in-hospital trauma care. *Injury* 2002;33(7):553-562.
- (4) Sathy AK, Starr AJ, Smith WR, Elliott A, Agudelo J, Reinert CM, et al. The Effect of Pelvic Fracture on Mortality After Trauma: An Analysis of 63,000 Trauma Patients. *The Journal of Bone & Joint Surgery* 2009 *The Journal of Bone and Joint Surgery, Inc.*;91(12):2803-2810.
- (5) Court-Brown CM, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: a review. *Injury*. 2006;37:691–697.
- (6) Magnussen RA, Tressler MA, Obrebsky WT, Kregor PJ. Predicting blood loss in isolated pelvic and acetabular high energy trauma. *J Orthop Trauma*. 2007;21(9):603.
- (7) Giannoudis PV, Grotz MR, Tzioupi C, Dinopoulos H, Wells GE, Bouamra O, et al. Prevalence of pelvic fractures, associated injuries, and mortality: the United Kingdom perspective. *J Trauma*. 2007;63:875–883.
- (8) Balogh Z, King KL, Mackay P, McDougall D, Mackenzie S, Evans JA, et al. The epidemiology of pelvic ring fractures: a population-based study. *J Trauma* 2007;63:1066–73.

- (9) Hauschild O, Strohm PC, Culemann U, Pohlemann T, Suedkamp NP, Koestler W, et al. Mortality in patients with pelvic fractures: results from the German pelvic injury register. *J Trauma* 2008 Feb;64(2):449-455.
- (10) American College of Surgeons. Committee on Trauma. ATLS, advanced trauma life support for doctors: student course manual. : American college of surgeons; 2013.
- (11) Dente CJ, Feliciano DV, Rozycki GS, Wyrzykowski AD, Nicholas JM, Salomone JP, et al. The outcome of open pelvic fractures in the modern era. *The American journal of surgery* 2005;190(6):831-837.
- (12) Grotz M, Allami M, Harwood P, Pape H, Krettek C, Giannoudis P. Open pelvic fractures: epidemiology, current concepts of management and outcome. *Injury* 2005;36(1):1-13.
- (13) Holstein JH, Culemann U, Pohlemann T, Working Group Mortality in Pelvic Fracture Patients. What are predictors of mortality in patients with pelvic fractures? *Clin Orthop Relat Res* 2012 Aug;470(8):2090-2097.
- (14) Inaba K, Sharkey PW, Stephen DJ, Redelmeier DA, Brenneman FD. The increasing incidence of severe pelvic injury in motor vehicle collisions. *Injury* 2004; 35(8):759-65.
- (15) Martini FH, Timmons MJ, Tallitsch RB, Ober WC, Cocco L, Manzoli L, et al. *Anatomia umana*. EdiSES; 2012.
- (16) Tile M, Helfet D, Kellam J. *Fractures of the pelvis and acetabulum*:Lippincott Williams & Wilkins; 2003.
- (17) Burgess AR, Eastridge BJ, Young JW, Ellison TS, Ellison Jr PS, Poka A, et al. Pelvic ring disruptions: effective classification system and treatment protocols. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 1990;30(7):848-856.

- (18) Ruatti S, Guillot S, Brun J, Thony F, Bouzat P, Payen JF, et al. Which pelvic ring fractures are potentially lethal? *Injury* 2015 6;46(6):1059-1063.
- (19) Sugimoto Y, Ito Y, Tomioka M, Tanaka M, Hasegawa Y, Nakago K, et al. Risk Factors for Lumbosacral Plexus Palsy Related to Pelvic Fracture. *Spine* 2010; (9).
- (20) Adams SA, Hak DJ. Classification of acetabular fractures in *Fractures of the pelvis and acetabulum*. New York: Informa Healthcare Publishers 2012; 141-59.
- (21) White CE, Hsu JR, Holcomb JB. Haemodynamically unstable pelvic fractures. *Injury*. 2009;40:1023–1030.
- (22) Magnussen RA, Tressler MA, Obremskey WT, Kregor PJ. Predicting blood loss in isolated pelvic and acetabular high energy trauma. *J Orthop Trauma*. 2007;21(9):603.
- (23) Cordts Filho Rde M, Parreira JG, Perlingeiro JA, Solda SC, Campos T, Assef JC. Pelvic fractures as a marker of injury severity in trauma patients. *Rev Col Bras Cir* 2011 Sep-Oct;38(5):310-316.
- (24) McQuillan KA, Makic MBF, Whalen E. *Trauma Nursing: From Resuscitation Through Rehabilitation*. 4th ed. Philadelphia, PA: Saunders; 2008.
- (25) Papakostidis C, Giannoudis PV. Pelvic ring injuries with haemodynamic instability: Efficacy of pelvic packing, a systematic review. *Injury*. 2009;40(suppl 4):S54–S61.
- (26) Vermeulen B, Peter R, Hoffmeyer P, Unger PF. Prehospital stabilization of pelvic dislocations: a new strap belt to provide temporary hemodynamic stabilization. *Swiss Surg* 1999;5:43–6.
- (27) Demetriades D, Martin M, Salim A, Rhee P, Brown C, Doucet J et al. Relationship between American College of Surgeons trauma center designation and mortality in patients with severe trauma (injury severity score > 15). *J Am Coll Surg*. 2006;202(2):212-215.

- (28) Castelli F, Sala F, La Maida A, Pesenti G, Chiara O, Capitani D. Trattamento delle lesioni dell'anello pelvico. *Archivio di Ortopedia e Reumatologia* 2009;119(3-4):5-8.
- (29) Wong JM, Bucknill A. Fractures of the pelvic ring. *Injury* 2013.
- (30) Trikha V, Gupta H. Current management of pelvic fractures. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma* 2011 6;2(1):12-18.
- (31) Van Vugt AB, van Kampen A. An unstable pelvic ring. The killing fracture. *J Bone Joint Surg Br* 2006 Apr;88(4):427-433.
- (32) Marzi I, Lustenberger T. Management of Bleeding Pelvic Fractures. *Scand J Surg* 2014 Apr 15;103(2):104-111.
- (33) Croce MA, Magnotti LJ, Savage SA, Wood GW, Fabian TC. Emergent pelvic fixation in patients with exsanguinating pelvic fractures. *J Am Coll Surg* 2007;204(5):935-939.
- (34) Ghaemmaghami V, Sperry J, Gunst M, Friese R, Starr A, Frankel H, et al. Effects of early use of external pelvic compression on transfusion requirements and mortality in pelvic fractures. *The American Journal of Surgery* 2007 12;194(6):720-723.
- (35) Spanjersberg WR, Knops SP, Schep NW, van Lieshout EM, Patka P, Schipper IB. Effectiveness and complications of pelvic circumferential compression devices in patients with unstable pelvic fractures: a systematic review of literature. *Injury* 2009;40(10):1031-1035.
- (36) Krieg JC, Mohr M, Ellis TJ, Simpson TS, Madey SM, Bottlang M. Emergent stabilization of pelvic ring injuries by controlled circumferential compression: a clinical trial. *J Trauma* 2005 Sep;59(3):659-664.
- (37) Toth L, King KL, McGrath B, Balogh ZJ. Efficacy and safety of emergency non-invasive pelvic ring stabilisation. *Injury* 2012 Aug;43(8):1330-1334.

- (38) Routt MLCJ, Falicov A, Woodhouse E, Schildhauer TA. Circumferential Pelvic Antishock Sheeting: A Temporary Resuscitation Aid. *Journal of Orthopaedic Trauma* 2006; (1).
- (39) Qureshi A, McGee A, Cooper JP, Porter KM. Reduction of the posterior pelvic ring by non-invasive stabilisation: a report of two cases. *Emerg Med J* 2005 Dec;22(12):885-886.
- (40) Tan ECTH, van Stigt SFL, van Vugt AB. Effect of a new pelvic stabilizer (T-POD®) on reduction of pelvic volume and haemodynamic stability in unstable pelvic fractures. *Injury* 2010 12;41(12):1239-1243.
- (41) Nunn T, Cosker TDA, Bose D, Pallister I. Immediate application of improvised pelvic binder as first step in extended resuscitation from life-threatening hypovolaemic shock in conscious patients with unstable pelvic injuries. *Injury* 2007 1;38(1):125-128.
- (42) Tonetti J. Management of recent unstable fractures of the pelvic ring. An update Conference supported by the Club Bassin Cotyle. (Pelvis-Acetabulum Club). *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 2013 2;99(1, Supplement):S77-S86.
- (43) Scott I, Porter K, Laird C, Greaves I, Bloch M. The prehospital management of pelvic fractures: initial consensus statement. *Emerg Med J* 2013 Dec;30(12):1070-1072.
- (44) Grant PT. The diagnosis of pelvic fractures by 'springing'. *Arch Emerg Med* 1990 Sep;7(3):178-182.
- (45) Lee C, Porter K. The prehospital management of pelvic fractures. *Emergency Medicine Journal* 2007 February 01;24(2):130-133.
- (46) Fu C, Wu Y, Liao C, Kang S, Wang S, Hsu Y, et al. Pelvic circumferential compression devices benefit patients with pelvic fractures who need transfers. *Am J Emerg Med* 2013 10;31(10):1432-1436.

(47) Spahn DR, Cerny V, Coats TJ, Duranteau J, Fernández-Mondéjar E, Gordini G, et al. Management of bleeding following major trauma: a European guideline. *Crit Care* 2007;11(1):R17.

(48) Cullinane DC, Schiller HJ, Zielinski MD, Bilaniuk JW, Collier BR, Como J, et al. Eastern Association for the Surgery of Trauma Practice Management Guidelines for Hemorrhage in Pelvic Fractures Update and Systematic Review. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 2011; (6).

(49) Magnone S, Coccolini F, Manfredi R, Piazzalunga D, Agazzi R, Arici C, et al. Management of hemodynamically unstable pelvic trauma: results of the first Italian consensus conference (cooperative guidelines of the Italian Society of Surgery, the Italian Association of Hospital Surgeons, the Multi-specialist Italian Society of Young Surgeons, the Italian Society of Emergency Surgery and Trauma, the Italian Society of Anesthesia, Analgesia, Resuscitation and Intensive Care, the Italian Society of Orthopaedics and Traumatology, the Italian Society of Emergency Medicine, the Italian Society of Medical Radiology -Section of Vascular and Interventional Radiology- and the World Society of Emergency Surgery). *World J Emerg Surg* 2014 Mar 7;9(1):18-7922-9-18.

(50) DeAngelis NA, Wixted JJ, Drew J, Eskander MS, Eskander JP, French BG. Use of the trauma pelvic orthotic device (T-POD) for provisional stabilisation of anterior–posterior compression type pelvic fractures: A cadaveric study. *Injury* 2008 8;39(8):903-906.

(51) Prasarn ML, Conrad B, Small J, Horodyski M, Rehtine GR. Comparison of circumferential pelvic sheeting versus the T-POD on unstable pelvic injuries: A cadaveric study of stability. *Injury* 2013;44(12):1756-1759.

(52) Knops SP, Schep NW, Spoor CW, van Riel MP, Spanjersberg WR, Kleinrensink GJ, et al. Comparison of three different pelvic circumferential compression devices: a biomechanical cadaver study. *J Bone Joint Surg Am* 2011 Feb 2;93(3):230-240.

- (53) Pizanis A, Pohlemann T, Burkhardt M, Aghayev E, Holstein JH. Emergency stabilization of the pelvic ring: Clinical comparison between three different techniques. *Injury* 2013 12;44(12):1760-1764.
- (54) Bryson D, Davidson R, Mackenzie R. Pelvic circumferential compression devices (PCCDs): a best evidence equipment review. *EUR J TRAUMA EMERG SURG* 2012 08;38(4):439-442.
- (55) Bonner TJ, Eardley WGP, Newell N, Masouros S, Matthews JJ, Gibb I, et al. Accurate placement of a pelvic binder improves reduction of unstable fractures of the pelvic ring. *J Bone Jt Surg Ser B* 2011;93 B(11):1524-1528.
- (56) Vardon F, Brunel E, Lecoq M, Fourcade O, Geeraerts T. External contention for pelvic trauma: is 1 sheet enough? *Am J Emerg Med* 2013 2;31(2):442.e1-442.e3.
- (57) Higgins TF, Swanson ER. Pelvic antishock sheeting. *Air Med J* 2006 0;25(2):88-90.
- (58) Knops SP, van Riel MPJM, Goossens RHM, van Lieshout EMM, Patka P, Schipper IB. Measurements of the Exerted Pressure by Pelvic Circumferential Compression Devices. *Open Orthop J* 2010;4:101-106.
- (59) Jowett AJL, Bowyer GW. Pressure characteristics of pelvic binders. *Injury* 2007 1;38(1):118-121.
- (60) Knops SP, Van Lieshout EMM, Spanjersberg WR, Patka P, Schipper IB. Randomised clinical trial comparing pressure characteristics of pelvic circumferential compression devices in healthy volunteers. *Injury* 2011 10;42(10):1020-1026.
- (61) Mason LW, Boyce DE, Pallister I. Catastrophic myonecrosis following circumferential pelvic binding after massive crush injury: A case report. *Injury Extra* 2009 5;40(5):84-86.
- (62) Jain S, Bleibleh S, Marciniak J, Pace A. A national survey of United Kingdom trauma units on the use of pelvic binders. *Int Orthop* 2013; 37(7): 1335-9.

- (63) Flint LM, Brown A, Richardson JD, Polk HC. Definitive control of bleeding from severe pelvic fractures. *Ann Surg.* 1979;189:709–716.
- (64) Moreno C, Moore EE, Rosenberger A, Cleveland HC. Hemorrhage associated with major pelvic fracture: a multispecialty challenge. *J Trauma.* 1986;26:987–994.
- (65) Batalden DJ, Wickstrom PH, Ruiz E, Gustilo RB. Value of the G suit in patients with severe pelvic fracture. Controlling hemorrhagic shock. *Arch Surg.* 1974;109:326–328.
- (66) Ali J, Qi W. Fluid and electrolyte deficit with prolonged pneumatic anti-shock garment application. *J Trauma.* 1995;38:612–615.
- (67) Chang FC, Harrison PB, Beech RR, Helmer SD. PASG: does it help in the management of traumatic shock? *J Trauma.* 1995;39:453–456.
- (68) Vohra R, McCollum C. Fortnightly review: pressure sores. *BMJ* 1994;309:853—7
- (69) Hedrick-Thompson JK. A review of pressure reduction device studies. *J Vasc Nurs* 1992;X:3—5.
- (70) Papakostidis C, Kanakaris NK, Kontakis G, Giannoudis PV. Pelvic ring disruptions: treatment modalities and analysis of outcomes. *Int Orthop* 2009 Apr;33(2):329-338.