

# Instabilità emodinamica nelle fratture del bacino: efficacia e complicanze dell'utilizzo precoce dei Pelvic Circumferential Compression Devices. Revisione della letteratura

## *Hemodynamic instability in pelvic fractures: efficacy and complications of early use of Pelvic Circumferential Compression Devices. Literature review*

■ **LUCA PADOAN<sup>1</sup>, NICOLA BORTOLI<sup>2</sup>, PIERLUIGI BADON<sup>3</sup>, FEDERICO PELLEGATTA<sup>4</sup>, MARTA CANESI<sup>4</sup>, ALESSANDRO MONTEROSSO<sup>5</sup>, SARA BUCHINI<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Infermiere, Sala Operatoria, Policlinico San Marco S.p.A., Mestre (Venezia)

<sup>2</sup> Medico, Anestesista Rianimatore, Centrale Operativa 118 Suem Mestre-Venezia, Ospedale dell'Angelo, Mestre (Venezia)

<sup>3</sup> Infermiere, Tutor didattico aziendale, Corso di Laurea in Infermieristica, Università degli Studi di Padova, Direzione delle Professioni Sanitarie, Azienda Ospedaliera di Padova, Padova

<sup>4</sup> Infermiere, Clinica Pediatrica, Fondazione Monza e Brianza per il Bambino e la sua Mamma, Monza

<sup>5</sup> Infermiere Pediatrico, Clinica di Oncoematologia Pediatrica, Azienda Ospedaliera di Padova, Padova

<sup>6</sup> Infermiere, Posizione Organizzativa Area della ricerca e dello sviluppo professionale e organizzativo, Struttura Complessa Direzione delle Professioni Sanitarie, IRCCS materno infantile Burlo Garofolo, Trieste



### RIASSUNTO

**Introduzione.** Le lesioni dell'anello pelvico risultano essere letali a causa delle emorragie associate e per tale motivo è fondamentale una gestione precoce. Essendo i *Pelvic Circumferential Compression Devices* (PCCDs) dispositivi piuttosto recenti, l'obiettivo di questa revisione della letteratura è quello di indagare la loro efficacia e le possibili complicanze.

**Materiali e metodi.** La ricerca è stata effettuata sui database Medline, The Cochrane Library, CINAHL, Embase e Scopus, includendo gli articoli pubblicati in lingua inglese e italiana negli ultimi 10 anni.

**Risultati.** Sono stati analizzati 29 articoli: 17 indagano l'efficacia dei PCCDs, 5 mettono a confronto i vari dispositivi, 3 studiano le modalità di posizionamento e 4 evidenziano le complicanze associate a questi presidi.

**Discussione.** I PCCDs sono efficaci nel ridurre il volume pelvico nelle fratture e spesso anche il sanguinamento conseguente stabilizzando i pazienti emodinamicamente compromessi. Il T-POD® e il SAM Sling™ sono i presidi maggiormente supportati dalle evidenze, che suggeriscono inoltre il posizionamento sulla linea del grande trocantere del femore, a contatto con la cute. Le principali complicanze emerse sono le lesioni da pressione qualora il dispositivo rimanga posizionato a lungo.

**Conclusioni.** Sebbene non sia stata dimostrata l'efficacia nella riduzione della mortalità e delle emotrasfusioni, l'utilizzo di questi dispositivi è raccomandato ogni qualvolta si sospetti una lesione della pelvi al fine di contenere il sanguinamento. Per ovviare all'insorgenza di complicanze, devono essere rimossi non appena risulta possibile la stabilizzazione invasiva del bacino.

**Parole chiave:** fratture pelviche, emorragie, *Pelvic Circumferential Compression Devices*, efficacia, complicanze.

**ABSTRACT**

**Introduction.** Pelvic ring injuries are lethal due to associated bleeding and for this reason, early management is crucial.

Being the Pelvic Circumferential Compression Devices (PCCDs) recent, the aim of this literature review is to investigate their effectiveness and the possible complications.

**Materials and methods.** The research was carried out in Medline, The Cochrane Library, CINAHL, Embase e Scopus, including articles published in English and Italian in the last 10 years.

**Results.** 29 articles were analyzed: 17 investigating the efficacy of PCCDs, 5 comparing the various devices, 3 studying the placement patterns and 4 highlighting the complications associated with the various devices.

**Discussion.** PCCDs are effective in reducing pelvic volume in fractures and often, also in resulting bleeding, stabilizing hemodynamically compromised patients. T-POD® and SAM Sling™ are the devices with more evidence, which also suggests to positioning PCCDs on the line of the great femoral trochanter in contact with the skin. The main complications that emerged are pressure injuries in case that the device stays for long time applied.

**Conclusions.** Although efficacy in reducing mortality and blood transfusions has not been demonstrated, the use of these devices is recommended whenever is suspected a pelvic injury, to contain bleeding. To avoid complications, they must be removed as soon as the external pelvic fixation is possible.

**Keywords:** pelvic fractures, hemorrhage, efficacy, complications.

**REVISIONE DELLA LETTERATURA**

PERVENUTO IL 04/07/2017

ACCETTATO IL 21/09/2017

**Corrispondenza per richieste:**

Dott.ssa Sara Buchini

sara.buchini@burlo.trieste.it

Gli autori dichiarano di non aver conflitto di interesse.

**INTRODUZIONE**

Le lesioni del bacino rientrano nella classificazione degli eventi che conducono a morte precoce, cioè entro alcune ore dall'evento traumatico<sup>1</sup>. Queste lesioni vengono solitamente generate da traumi chiusi ad alta energia cinetica, che comportano un alto grado di instabilità emodinamica<sup>2</sup>. La mortalità può variare dal 5 al 50% (3-5) e, se associata a lesioni cerebrali, può aumentare ulteriormente<sup>6</sup>.

Le fratture dell'anello pelvico rappresentano il 2-8% di tutte le fratture, ma sono presenti nel 20-25% dei pazienti politraumatizzati<sup>7-9</sup> e si verificano principalmente in seguito a incidenti stradali (70-80%), a cadute dall'alto (10-30%) e a traumi da schiacciamento (5-10%)<sup>10</sup>.

La maggior parte delle emorragie del bacino si verifica in associazione a fratture di tipo "open book", secondo le classificazioni di Tile et al. 2003<sup>11</sup> e di Burgess et al. 1990<sup>12</sup>. Circa l'85-90% dei sanguinamenti risulta essere di origine venosa, in seguito 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<sup>13</sup>.

Essendo l'emorragia interna la principale causa di morte durante le prime 24 ore<sup>13-14</sup>, seguita da complicanze legate allo shock quali l'ipotermia, la coagulopatia, l'acidosi e la sindrome da disfunzione multiorgano (MODS)<sup>15</sup>, il trattamento nel paziente con lesione pelvica dovrebbe iniziare già in fase pre-ospedaliera attraverso un immediato controllo del sanguinamento ed una rapida infusione di liquidi<sup>16</sup>.

Per tentare una precoce chiusura del bacino e una rapida emostasi del sanguinamento pelvico sono stati introdotti, da un paio di anni, i "Pelvic Circumferential Compression Devices" (PCCDs), cioè delle vere e proprie cinture che, avvolte attorno al bacino e strette con dei meccanismi di chiusura, sono in grado di esercitare una pressione costante sulle ossa pelviche<sup>17</sup>.

I PCCDs sono dei dispositivi piuttosto recenti e, proprio per questo motivo, non se ne conoscono ancora in maniera chiara le modalità di utilizzo e soprattutto in quali situazioni sono più indicati. L'emorragia del bacino, nel trauma, è un evento molto delicato e della massima urgenza<sup>13-14</sup>. È opportuno quindi conoscere nel dettaglio la gestione pre-ospedaliera di tale problematica. Questa revisione della letteratura ha lo scopo di ricercare le più recenti evidenze riguardo l'efficacia dei PCCDs tenendo in considerazione il volume pelvico, il sanguinamento e le possibili complicanze associate a tali presidi.

I quesiti di ricerca che hanno guidato lo sviluppo della presente revisione della letteratura sono stati:

1. "L'utilizzo precoce di un PCCDs in un paziente politraumatizzato è efficace nella riduzione delle fratture pelviche e nel controllo dello shock emorragico?";
2. "Quale device scegliere per ottenere il miglior risultato con le minori complicanze?";
3. "Qual è la modalità di posizionamento più adatta a migliorare l'efficacia e a ridurre i danni?";
4. "Quali sono le complicanze associate all'utilizzo di un PCCDs?".

**MATERIALI E METODI**

La ricerca delle fonti bibliografiche è stata effettuata nel periodo da giugno a settembre 2015 attraverso la consultazione delle principali banche dati contenenti articoli scientifici quali: Medline, The Cochrane Library, CINAHL, Embase e Scopus.

La strategia di ricerca utilizzata per ciascun quesito si basava sul metodo del PIO.

**Quesito 1:**

- P: popolazione/malattia → paziente adulto politraumatizzato con dinamica/soffitto di trauma al bacino;
- I: intervento o variabile di interesse → utilizzo di un PCCD;
- O: outcomes → efficacia nella riduzione del volume pelvico e dell'emorragia associata a lesione pelvica.

**Quesito 2:**

- P: popolazione/malattia → paziente adulto politraumatizzato con dinamica/soffitto di trauma al bacino;
- I: intervento o variabile di interesse → utilizzo di un PCCD;
- C: confronto → utilizzo di altri PCCDs;
- O: outcomes → maggior efficacia nella riduzione del volume pelvico e dell'emorragia associata a lesione pelvica.

**Quesito 3:**

- P: popolazione/malattia → paziente adulto politraumatizzato con dinamica/soffitto di trauma al bacino;
- I: intervento o variabile di interesse → utilizzo di un PCCD;
- O: outcomes → modalità di posizionamento più efficace.

**Quesito 4:**

- 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 → complicanze associate all'utilizzo di un PCCD.

Le parole chiave, combinate con gli operatori booleani "AND" e "OR", sono state: "Pre-hospital", "Pelvic fracture/injuries", "Hemorrhage" (MESH), "Pelvic ring", "T-POD", "Sheet", "Sheeting", "Pelvic Binder", "Pelvic Circumferential Compression Devices".

La ricerca ha compreso articoli pubblicati negli ultimi 10 anni (da gennaio 2005 a settembre 2015). I criteri di esclusione degli articoli sono stati:

- tutti gli studi che comprendevano un campione neonatale, pediatrico e con età superiore ai 65 anni;
- gli studi che non presentavano il full text;
- gli studi non in lingua inglese ed italiana;
- gli studi che riguardavano esclusivamente la stabilizzazione invasiva del bacino.

**RISULTATI**

Dei 375 articoli trovati, 346 sono stati scartati perché non pertinenti all'argomento ricercato. I 29 articoli inclusi erano composti da: 3 linee guida, 3 revisioni sistematiche della letteratura, 2 revisioni narrative, 1 trial clinico randomizzato, 3 studi clinici prospettici, 1 studio caso controllo, 5 studi retrospettivi, 5 studi biomeccanici (3 su cadavere, 1 su soggetti sani e 1 su modello anatomico della pelvi umana), 1 case series e 5 case reports.

**Efficacia**

Marzi e Lustenberger<sup>18</sup> nella loro revisione narrativa descrivevano la gestione del paziente con gravi fratture pelviche ed emorragie associate, sia attraverso procedure invasive che non invasive. Nella gestione iniziale del paziente con sospetta lesione pelvica, gli autori supportavano il posizionamento precoce dei PCCDs, poiché gli studi reperiti in letteratura provavano l'efficacia degli stessi non solo nella riduzione del volume pelvico ma anche nella riduzione dell'emorragia e della stabilizzazione emodinamica. Lo studio di Croce et al. del 2007<sup>19</sup>, preso in considerazione nella revisione di Marzi e Lustenberger<sup>18</sup>, 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 (4.9U vs 17.1U,  $p < 0.0001$ ) e nelle 48 ore (6.0U vs 18.6U,  $p < 0.0001$ ), oltre alla degenza ospedaliera, risultavano nettamente minori quando veniva posizionato il POD rispetto all'EPF, poiché la possibilità di posizionamento richiedeva tempi nettamente inferiori e di conseguenza, fin da subito, si

aveva un maggior controllo dell'emorragia. Tuttavia la riduzione della mortalità associata a questi dispositivi non si dimostrava statisticamente significativa.

Anche in uno studio caso controllo effettuato qualche anno dopo in un trauma center del Texas<sup>20</sup>, la mortalità non veniva ridotta. Venivano messi a confronto due gruppi di persone con frattura pelvica. Il primo gruppo era composto da 118 pazienti, ai quali veniva posizionato immediatamente il PCCD all'arrivo nel dipartimento di emergenza, il quale veniva mantenuto per 24-72 ore o fino al completamento della stabilizzazione definitiva del bacino. Il secondo gruppo, invece, era composto da 119 pazienti, individuati mediante il registro traumi, assistiti l'anno precedente senza l'utilizzo di alcun PCCD. La mortalità risultava in entrambi i gruppi del 23% ( $p = 0.92$ ) e anche la riduzione delle unità trasfuse nelle prime 24 ore non risultava essere statisticamente a favore dei PCCDs.

La seconda revisione sistematica<sup>21</sup> analizzava 17 articoli con lo scopo di dimostrare le evidenze sull'efficacia e la sicurezza dei PCCDs. Nonostante la revisione non riportò prove d'efficacia clinica di livello di evidenza I o II, gli autori affermavano che i PCCDs risultavano efficaci nella riduzione delle fratture pelviche e nel controllo dell'emodinamica, tuttavia era opportuno prestare particolare attenzione all'insorgenza di complicanze<sup>21</sup>.

Nel trial clinico di Krieg et al. del 2005<sup>22</sup>, ad ognuno dei 13 pazienti traumatizzati veniva effettuata una serie di radiografie al bacino al momento dell'ingresso in sala d'emergenza, dopo il posizionamento di un prototipo di SAM Sling, ovvero un tipo di cintura per la stabilizzazione pelvica e, infine, dopo la stabilizzazione definitiva dell'anello pelvico. L'applicazione del PCCD negli 8 pazienti, che presentavano una frattura aperta, dimostrava una significativa riduzione dell'ampiezza dell'anello pelvico ( $9.9 \text{ mm} \pm 6.0\%$ ,  $p = 0.003$ ), addirittura comparabile con i risultati ottenuti dal trattamento definitivo ( $10.0 \text{ mm} \pm 4.1\%$ ,  $p = 0.001$ ) e una riduzione ancora significativa dello spostamento verticale. Nei cinque pazienti che presentavano una frattura "closed book", dopo l'applicazione del device, si notava un'ulteriore riduzione del volume pelvico.

Analogamente, anche l'analisi retrospettiva di Toth et al. del 2012<sup>23</sup>, produceva risultati comparabili con lo studio di Krieg et al. del 2005<sup>22</sup>. Il campione si componeva di 115 pazienti reclutati nel registro traumi in un periodo di tempo di 41 mesi. Di questi, solo in 43 pazienti era stato posizionato un PCCD (37%) e solo in 12 immediatamente nell'extra-ospedaliero. All'esame radiologico dei 43 pazienti, 18 (42%) presentavano una riduzione totale della frattura pelvica, 11 (26%) presentavano un miglioramento nella riduzione della lesione, 9 (21%) non avevano subito cambiamenti

e 5 (11%) avevano subito un peggioramento. Le deformazioni della frattura pelvica, dopo il posizionamento del PCCD, tuttavia non comportavano particolari problematiche e venivano documentate nelle fratture di tipo B2 3/8 (37%) e di tipo B3 2/5 (40%).

In pazienti con sanguinamento del bacino, la riduzione del volume pelvico, in alcuni casi, risultava particolarmente associata alla stabilizzazione emodinamica<sup>24</sup>. Un volume pelvico minore è in grado di creare un effetto tamponante capace di ridurre il sanguinamento con conseguente miglioramento dell'emodinamica<sup>25</sup>. L'efficacia dell'emostasi dei PCCDs per il controllo dell'emodinamica è stata dimostrata da uno studio prospettico di Tan et al. del 2010<sup>26</sup> effettuato su 15 pazienti con frattura del bacino, i quali, giunti in *shock room*, non presentavano nessun device di stabilizzazione della pelvi. Venivano valutati i parametri vitali, le radiografie del bacino e successivamente veniva posizionata una cintura pelvica T-POD®, con la quale si verificava fin da subito un aumento significativo della pressione arteriosa media (da 65.3 a 81.2 mmHg,  $p = 0.03$ ), una riduzione della frequenza cardiaca media (da 107 a 94 bpm,  $p = 0.02$ ) e una riduzione della diastasi della sinfisi pubica media del 60% ( $p = 0.01$ ).

Anche nel case series di Nunn et al. del 2007<sup>27</sup> si dimostrava una riduzione della frequenza cardiaca e un aumento della pressione arteriosa media.

Nel 2013 alcuni ricercatori del Regno Unito pubblicavano una dichiarazione di consenso sulla gestione pre-ospedaliera delle fratture del bacino<sup>28</sup>, la quale, sulla base dei 17 studi individuati, considerava la cintura pelvica un trattamento vero e proprio nella gestione del paziente con lesione pelvica e per questo motivo ne suggeriva l'applicazione precoce, da anticipare addirittura all'estricazione, quando possibile, e tralasciando la manovra di *assessment* del bacino detta "springing" (prevede la compressione e la distrazione alternata delle creste iliache), poiché considerata poco sensibile (59% dei casi) e rischiosa per la possibilità di rottura del coagulo e di conseguenza della ripresa del sanguinamento<sup>29</sup>.

L'utilizzo pre-ospedaliero dei PCCDs, tuttavia, era già stato argomentato in una revisione narrativa del 2007<sup>30</sup> la quale descriveva la gestione precoce delle fratture pelviche, evidenziando l'importanza del loro posizionamento di routine ogni qualvolta vi è il sospetto di una lesione della pelvi o un'inspiegabile ipotensione, anche in assenza di chiari segni, mantenendolo applicato sino al confezionamento della stabilizzazione definitiva o alla negatività delle indagini strumentali.

Nonostante vi siano ancora studi che non supportano l'efficacia dei PCCDs, sono comunque state pubblicate alcune raccoman-

dazioni e linee guida circa l'impiego di questi dispositivi. Nel 2007 le Linee guida europee<sup>31</sup> sulla gestione dei sanguinamenti successivi a trauma riprendevano l'argomento dell'emorragia pelvica in 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 delle raccomandazioni 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 delle raccomandazioni 1B).

Più strutturate risultavano le nuove linee guida della Eastern Association for the Surgery of Trauma Practice del 2011<sup>32</sup>, dalle quali venivano proposte delle raccomandazioni sulla gestione completa del paziente emorragico con frattura pelvica. Queste affermavano che i PCCDs sono in grado di ridurre efficacemente le fratture pelviche instabili e il volume pelvico (livello di evidenza III), possono limitare l'emorragia pelvica, ma non sembra possano influenzare la mortalità (livello di evidenza III) e, infine, sono comparabili o addirittura migliori dei fissatori esterni nel controllo dell'emorragia (livello di evidenza III).

Circa un anno dopo venivano pubblicate le linee guida Advanced Traumatic Life Support 9<sup>a</sup> edizione dell'American College of Surgeons<sup>16</sup>, in cui il trattamento dei pazienti con frattura pelvica ed emorragia associata, si basava sul reintegro volêmico e sul controllo dell'emorragia attraverso la stabilizzazione meccanica mediante trazione longitudinale, applicata direttamente in ambiente extra-ospedaliero, mediante l'utilizzo di dispositivi di compressione pelvica, posizionati a livello del trocantere e a contatto diretto con la cute.

Le più recenti raccomandazioni, infine, provengono dalla Dichiarazione di consenso italiana<sup>33</sup> 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 il trattamento invasivo di queste lesioni. L'indicazione è quella di posizionare i PCCDs già nell'extra-ospedaliero o quanto prima possibile, nel caso in cui venga accertata un'instabilità della pelvi (grado delle raccomandazioni A, livello di evidenza III) e devono essere rimossi non appena c'è la possibilità di completare una fissazione esterna anteriore o posteriore (grado delle raccomandazioni B, livello di evidenza III).

Dalla ricerca non sono emersi studi effettuati in ambiente extra-ospedaliero poiché le circostanze li rendono particolarmente difficoltosi, tuttavia è stato reperito uno studio che riprende l'efficacia dei PCCDs nel trasferi-

mento, da un ospedale ad un trauma center, di pazienti con instabilità emodinamica da frattura pelvica<sup>34</sup>. 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 quantità media di sangue trasfuso ( $398.4 \pm 417.6$  mL con PCCDs vs  $1954.5 \pm 249.0$  mL senza PCCDs,  $p < 0.001$ ) e una riduzione della media delle giornate di degenza nella terapia intensiva ( $6.6 \pm 5.2$  giorni vs  $11.8 \pm 7.7$  giorni,  $p = 0.024$ ) e nell'ospedale ( $9.4 \pm 7.0$  giorni vs  $19.5 \pm 13.7$  giorni,  $p = 0.006$ ). Anche nei pazienti con frattura pelvica stabile (450/585) si poteva notare una riduzione della media delle unità trasfuse ( $120.2 \pm 178.5$  mL vs  $231.8 \pm 206.2$  mL,  $p = 0.018$ ), una diminuzione della media della degenza in terapia intensiva ( $1.7 \pm 3.3$  giorni vs  $3.4 \pm 2.9$  giorni,  $p = 0.029$ ) e nel reparto di degenza ospedaliera ( $6.8 \pm 5.1$  giorni vs  $10.4 \pm 7.6$  giorni,  $p = 0.018$ ) rispetto i pazienti che non venivano trasferiti con PCCDs.

#### Tipologie

Dalla ricerca sono stati reperiti alcuni articoli che mettono a confronto non solo i vari PCCDs disponibili sul mercato, ma anche quelli che prendono in considerazione il lenzuolo avvolto attorno al bacino.

Lo studio di DeAngelis et al. del 2008<sup>35</sup>, citato anche nella revisione sistematica esposta in precedenza, effettuava 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 all'utilizzo del *Trauma Pelvic Orthotic Device* (T-POD®). In questo studio su cadaveri venivano effettuate delle radiografie pre- e post- stabilizzazione e 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®. 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%).

Tuttavia uno studio clinico più recente<sup>36</sup>, effettuato su un campione di 5 cadaveri imbalsamati, dimostrava che l'efficacia nella riduzione della frattura del T-POD® risultava comparabile con quella del lenzuolo. La lesione, anche in questo caso, veniva creata chirurgicamente ma i dispositivi venivano

posizionati in maniera randomizzata e successivamente, attraverso dei sensori elettromagnetici posizionati in entrambe le emi-pelvi, veniva misurato lo spostamento pelvico compiuto, dopo l'applicazione dei dispositivi.

Si poteva notare che entrambi i dispositivi riducevano il volume pelvico dopo la loro applicazione ma, tra i due, non si presentava significatività statistica tale da favorire l'utilizzo di uno rispetto all'altro. Gli autori concludevano supportando l'utilizzo del lenzuolo, poiché più facile da reperire, di rapido utilizzo e meno costoso rispetto ai PCCDs, dimostrandosi comunque efficaci 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<sup>37</sup> 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, la riduzione completa o quasi completa (< 10 mm) si osservava con tutti e tre i metodi di contenimento del bacino. Nella frattura di tipo B1 con diastasi di 100 mm, infatti dopo l'applicazione del T-POD® o del Pelvic Binder®, la diastasi diveniva < 5 mm mentre con il SAM Sling™ diveniva di circa 7 mm. Anche nella frattura di tipo C il dislocamento, dopo il posizionamento dei dispositivi, diveniva < 5 mm, 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:  $43 \pm 7$  Newton contro i  $60 \pm 9$  Newton del Pelvic Binder® e i  $112 \pm 10$  Newton del SAM Sling™.

Per il confronto dal punto di vista emodinamico, dalla ricerca è stato reperito uno studio retrospettivo<sup>38</sup> che comparava tre diverse modalità di stabilizzazione dell'anello pelvico in termini di utilizzo di emocomponenti, mortalità, degenza ospedaliera e incidenza di sanguinamenti pelvici. Considerando i 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) basso 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'in-

cidenza dei sanguinamenti della pelvi dove il lenzuolo presentava il numero più alto di casi, 23% rispetto al 4% della cintura pelvica e l'8% del C-Clamp ( $p = 0.02$ ), mentre era possibile intuire che le tempistiche di applicazione dei PCCDs e del lenzuolo risultavano nettamente inferiori a quelle di applicazione del C-Clamp, poiché posizionato chirurgicamente.

Restando in tema di tempi di posizionamento dei dispositivi, lo studio condotto da Bryson et al. del 2012<sup>39</sup> aveva dimostrato che sia il SAM Sling™ 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 un breve periodo di formazione 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 dispositivi. Tra i due dispositivi, comunque, la maggior parte dei sanitari (78%) preferiva il T-POD® rispetto al SAM Sling™ (22%) nonostante fosse richiesto un tempo maggiore di applicazione.

### Posizionamento

La prima evidenza clinica riguardo il corretto posizionamento della cintura pelvica deriva da uno studio retrospettivo<sup>40</sup> 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 del femore, 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 mal posizionamento del PCCD sulla riduzione della diastasi: il dislocamento delle ossa pubiche risultava 2.8 volte superiore (differenza media di 22 mm) 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 che del lenzuolo, perciò, risulta essere quella del grande trocantere del femore<sup>16, 20, 27, 33</sup>, tuttavia, come descritto anche in un case report<sup>41</sup>, 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 intra-ruotati, poiché questa manovra favorisce la riduzione del volume pelvico. Si consiglia, infine, di posiziona-

re questi dispositivi a contatto diretto con la pelle del paziente o di un indumento leggero, poiché viene garantita un'applicazione più corretta<sup>28</sup> 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<sup>16, 42</sup>.

### Complicanze

I dispositivi 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 Knops et al. del 2010<sup>43</sup>, sulla base di precedenti studi, affermava che i danni tissutali si potevano verificare qualora una pressione costante maggiore di 69.8 mmHg 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 34.96 mmHg, 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 destra e sinistra), misurate su un modello artificiale. Seguendo le istruzioni di posizionamento fornite dai produttori, la pressione esercitata sul bacino superava di gran lunga il livello di danneggiamento dei tessuti (69.8 mmHg) arrivando ad un range pressorio massimo di 141.8-167.7 mmHg per il versante destro, 144-206.3 mmHg per il versante sinistro e non superiore ai 135 mmHg in quello posteriore.

Un altro studio<sup>44</sup> simile, questa volta effettuato su 10 individui sani, dimostrava che le pressioni esercitate a livello del grande trocantere oscillavano dai 37.5 ai 247.5 mmHg (media 127.5 mmHg), sul sacro da 60 a 187.5 mmHg (media 100.5) e sulla spina iliaca da 60 a 127.5 mmHg (media 83.2) una volta che veniva posizionato il Pelvic Binder®. La variabilità dei risultati pressori poteva essere attribuita alla proporzionalità inversa esistente tra la pressione esercitata e il Body Mass Index (BMI) del paziente, infatti, si poteva notare che la pressione limite per l'insorgenza delle lesioni da pressione veniva superata soprattutto negli individui più magri.

Le evidenze maggiori, infine, derivano da un trial clinico randomizzato<sup>45</sup> che prendeva in esame 80 volontari sani, ai quali veniva posizionato uno dei tre tipi di PCCD. Anche in questo studio, nella maggior parte dei casi,

la pressione esercitata era maggiore rispetto alla pressione limite di danno tissutale (69.8 mmHg) 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™.

In letteratura, infine, sono presenti alcuni case report che descrivono le modalità di insorgenza di queste complicanze: il primo descriveva l'insorgenza di edema associato ad un elevato reintegro volêmico e necrosi cutanea dopo 48 ore dal posizionamento del PCCD, 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 terzo caso, il 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 grave necrosi muscolare a livello del sacro e di entrambi i trocanteri<sup>46</sup>.

### DISCUSSIONE

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 inducono delle modificazioni morfologiche dell'anello pelvico, ovvero vi è una riduzione del volume della cavità pelvica che, nella maggior parte dei casi, è in grado di bloccare il sanguinamento dei vasi venosi danneggiati per effetto tamponante ad opera dell'ematoma retroperitoneale che si viene a formare. L'efficacia di questi dispositivi nella stabilizzazione emodinamica si associa ad un aumento della pressione arteriosa media, una riduzione della frequenza cardiaca e una riduzione delle giornate di degenza ospedaliera. Meno chiara è la questione legata alle emotrasfusioni, in quanto gli studi reperiti sono in contrasto tra loro: Croce et al. (2007) e Fu et al. (2013) dimostrano che i PCCDs richiedono un minor numero di unità trasfusionali rispetto alla fissazione esterna e al mancato posizionamento di dispositivi; al contrario, lo studio di Ghaemmaghami et al. (2007) afferma che non vi è significatività statistica riguardo le differenze di unità trasfuse nelle prime 24 ore tra i pazienti ai quali viene posizionato il PCCD e quelli che non ricevono tale trattamento. Complessivamente, comunque, la riduzione della mortalità non risulta statisticamente a favore dell'utilizzo dei PCCDs.

Dagli studi di comparazione tra i vari di-

spositivi, tutti si sono dimostrati efficaci nel ridurre le fratture pelviche. Il SAM Sling™ è il dispositivo più rapido da applicare e genera la pressione minore, riducendo il rischio di lesioni; il T-POD® è il dispositivo che riduce nel modo migliore le fratture, richiedendo la forza di trazione minore e il lenzuolo risulta essere il più immediato, poiché facilmente reperibile, ma anche il meno indicato in quanto evidenzia maggiori casi di sanguinamento della pelvi o una peggiore riduzione della frattura.

La linea di applicazione del PCCD risulta sicuramente essere quella del grande trocantere del femore, ciò nonostante, in alcuni casi, è possibile evidenziare mal posizionamenti, probabilmente a causa delle poche informazioni ricevute dai soccorritori riguardo l'utilizzo di questi dispositivi, come appunto dimostrato da un'indagine nel Regno Unito<sup>47</sup>.

Gli studi che riguardano le complicanze indicano un solo caso di paralisi nervosa bilaterale del muscolo tibiale anteriore, dell'estensore dell'alluce e dell'estensore lungo delle dita, ma dimostrano che la pressione esercitata dai dispositivi risulta essere maggiore rispetto la pressione sanguigna capillare (34.96 mmHg) che permette il circolo nei vari tessuti<sup>48</sup> e addirittura maggiore della pressione limite per l'insorgenza di lesioni tissutali (68.8 mmHg). 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<sup>49</sup>. Per ovviare a questo problema, i principali studi raccomandano la sostituzione dei PC-CDs con i metodi di fissazione invasiva, non appena risulta possibile, poiché il trattamento definitivo è in grado di produrre risultati anatomici migliori (espressi come miglior riduzione della diastasi e meno casi di mal consolidamento) rispetto i dispositivi non invasivi<sup>50</sup>. Non sono, dunque emerse complicanze rischiose per la vita della persona o tali da limitarne il posizionamento.

È tuttavia importante tener presente che sono stati analizzati 5 studi biomeccanici dei quali 3 effettuati su cadavere, 1 eseguito su individui sani e 1 su un modello anatomico del bacino, perciò i dati estrapolati dall'analisi potrebbero non corrispondere a quelli che si evidenzerebbero in un soggetto vivo con frattura del bacino in seguito a trauma e che presenta instabilità emodinamica.

Un altro aspetto da considerare è la scarsa presenza di studi tali da permettere la stesura di linee guida con forti evidenze scientifiche. Dalle 2 linee guida prese in esame, infatti è emersa l'importanza dell'intervento precoce per il controllo dell'emorragia (grado delle raccomandazioni 1A) e della chiusura dell'anello pelvico (grado delle raccomandazioni 1B), invece la stabilizzazione e il controllo dell'emorragia mediante PCCDs hanno un livello di evidenza basso (III).

## CONCLUSIONI

Nonostante lo scarso riscontro di evidenze in letteratura, l'utilizzo di questi dispositivi è raccomandato già nella fase extra-ospedaliera ogni qualvolta si presenti una dinamica che faccia sospettare una lesione del bacino. Questi devices sono dimostrati in grado di ridurre il volume pelvico nelle fratture e, in alcuni casi, di ridurre il sanguinamento ad esse associato, stabilizzando pazienti emodinamicamente compromessi, in tempi ristretti e con costi contenuti. I presidi maggiormente supportati dagli studi sono il T-POD® e il SAM Sling™, i quali devono essere posizionati a livello del grande trocantere del femore per ovviare a mal riduzioni della frattura. Le complicanze principali fanno riferimento a danni tissutali in seguito alla pressione esercitata, qualora il dispositivo rimanga posizionato per lungo tempo. Non avendo riscontrato dati sui tempi di insorgenza di tali lesioni, il suggerimento è quello di rimuovere la contenzione non appena sia possibile la stabilizzazione invasiva del bacino. In conclusione, per la definizione di linee guida basate su evidenze scientifiche, nonostante la difficoltà connessa a tali situazioni così critiche, bisognerebbe dedicarsi maggiormente alla ricerca rispetto questo argomento:

- sarebbe opportuno effettuare dei trial clinici direttamente su pazienti che presentino lesioni del bacino, al fine di definire l'efficacia nella riduzione del sanguinamento e della mortalità;
- sarebbe utile valutare con quale dei vari presidi si ottengono i risultati migliori nel pre-ospedaliero, mediante RCT (randomized controlled trial) in soggetti traumatizzati;
- sarebbe importante definire un tempo finestra in cui può restare posizionato il PCCD prima della stabilizzazione definitiva, al fine di ridurre le lesioni da pressione e organizzare la programmazione dell'intervento chirurgico.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 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.* J Bone Joint Surg Am 2009 Dec;91(12):2803-10.
- 2 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 Nov;63(5):1066-73; discussion 1072-3.
- 3 HAUSCHILD O, STROHM PC, CULEMANN U, POHLEMANN T, SUEDEKAMP NP, KOESTLER W, ET AL. *Mortality in patients with pelvic fractures: results from the German pelvic injury register.* J Trauma 2008 Feb;64(2):449-55.
- 4 DENTE CJ, FELICIANO DV, ROZYCKI GS, WYRZYKOWSKI AD, NICHOLAS JM, SALOMONE JP, ET

AL. *The outcome of open pelvic fractures in the modern era.* Am J Surg 2005 Dec;190(6):830-5.

- 5 GROTZ MR, ALLAMI MK, HARWOOD P, PAPE HC, KRETEK C, GIANNOUDIS PV. *Open pelvic fractures: epidemiology, current concepts of management and outcome.* Injury 2005 Jan;36(1):1-13.
- 6 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):2090-7.
- 7 COURT-BROWN CM, CAESAR B. *Epidemiology of adult fractures: A review.* Injury 2006 Aug;37(8):691-7.
- 8 MAGNUSSEN RA, TRESSLER MA, OBREMSKEY WT, KREGOR PJ. *Predicting blood loss in isolated pelvic and acetabular high-energy trauma.* J Orthop Trauma 2007 Oct; 21(9):603-7.
- 9 GIANNOUDIS PV, GROTZ MR, TZIOPIS C, DINOPOULOS H, WELLS GE, BOUAMRA O, ET AL. *Prevalence of pelvic fractures, associated injuries, and mortality: the United Kingdom perspective.* J Trauma 2007 Oct;63(4):875-83.
- 10 INABA K, SHARKEY PW, STEPHEN DJ, REDELMEIER DA, BRENNEMAN FD. *The increasing incidence of severe pelvic injury in motor vehicle collisions.* Injury. 2004 Aug;35(8):759-65.
- 11 TILE M, HELFET DL, KELLAM JF, EDS. *Fractures of the pelvis and acetabulum.* 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2003.
- 12 BURGESS AR, EASTRIDGE BJ, YOUNG JW, ELLISON TS, ELLISON PS JR, POKA A, ET AL. *Pelvic ring disruptions: effective classification system and treatment protocols.* J Trauma 1990 Jul;30(7):848-56.
- 13 WHITE CE, HSU JR, HOLCOMB JB. *Haemodynamically unstable pelvic fractures.* Injury 2009 Oct;40(10):1023-30.
- 14 PAPAPOSTIDIS C, GIANNOUDIS PV. *Pelvic ring injuries with haemodynamic instability: efficacy of pelvic packing, a systematic review.* Injury 2009 Nov;40 Suppl 4:S53-61.
- 15 VAN VUGT AB, VAN KAMPEN A. *An unstable pelvic ring. The killing fracture.* J Bone Joint Surg Br 2006 Apr;88(4):427-33.
- 16 AMERICAN COLLEGE OF SURGEONS. *Committee on Trauma. Advanced Trauma Life Support for Doctors.* ATLS. Student course manual. 9th ed. Chicago: American College of Surgeons; 2015.
- 17 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(2):43-6.
- 18 MARZI I, LUSTENBERGER T. *Management of Bleeding Pelvic Fractures.* Scand J Surg 2014 Jun;103(2):104-11.
- 19 CROCE MA, MAGNOTTI LJ, SAVAGE SA, WOOD GW 2ND, FABIAN TC. *Emergent pelvic fixation in patients with exsanguinating*

- pelvic fractures. *J Am Coll Surg* 2007 May;204(5):935-9; discussion 940-2.
- 20 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.* *Am J Surg* 2007 Dec;194(6):720-3; discussion 723.
  - 21 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 Oct;40(10):1031-5.
  - 22 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):659-64.
  - 23 TOTH L, KING KL, McGRATH B, BALOGH ZJ. *Efficacy and safety of emergency non-invasive pelvic ring stabilisation.* *Injury* 2012 Aug;43(8):1330-4.
  - 24 ROUTI ML JR, FALICOV A, WOODHOUSE E, SCHILDHAUER TA. *Circumferential pelvic antishock sheeting: a temporary resuscitation aid.* *J Orthop Trauma* 2006 Jan;20(1 Suppl):S3-6.
  - 25 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):885-6.
  - 26 TAN EC, VAN STIGT SF, 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 Dec;41(12):1239-43.
  - 27 NUNN T, COSKER TD, 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 Jan;38(1):125-8.
  - 28 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):1070-2.
  - 29 GRANT PT. *The diagnosis of pelvic fractures by 'springing'.* *Arch Emerg Med.* 1990 Sep;7(3):178-82.
  - 30 LEE C, PORTER K. *The prehospital management of pelvic fractures.* *Emerg Med J* 2007 Feb;24(2):130-3.
  - 31 SPAHN DR, BOUILLON B, CERNY V, COATS TJ, DURANTEAU J, FERNÁNDEZ-MONDÉJAR E, ET AL. *Management of bleeding and coagulopathy following major trauma: an updated European guideline.* *Crit Care* 2013 Apr 19;17(2):R76.
  - 32 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 fracture – update and systematic review.* *J Trauma* 2011 Dec;71(6):1850-68.
  - 33 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.
  - 34 FU CY, WU YT, LIAO CH, KANG SC, WANG SY, HSU YP, ET AL. *Pelvic circumferential compression devices benefit patients with pelvic fractures who need transfers.* *Am J Emerg Med* 2013 Oct;31(10):1432-6.
  - 35 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 Aug;39(8):903-6.
  - 36 PRASARN ML, CONRAD B, SMALL J, HORODYSKI M, RECHTINE GR. *Comparison of circumferential pelvic sheeting versus the T-POD on unstable pelvic injuries: a cadaveric study of stability.* *Injury* 2013 Dec;44(12):1756-9.
  - 37 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):230-40.
  - 38 PIZANIS A, POHELMANN T, BURKHARDT M, AGHA-YEV E, HOLSTEIN JH. *Emergency stabilization of the pelvic ring: Clinical comparison between three different techniques.* *Injury* 2013 Dec;44(12):1760-4.
  - 39 BRYSON DJ, DAVIDSON R, MACKENZIE R. *Pelvic circumferential compression devices (PCCDs): a best evidence equipment review.* *Eur J Trauma Emerg Surg* 2012 Aug;38(4):439-42.
  - 40 BONNER TJ, EARDLEY WG, NEWELL N, MASOUIROS S, MATTHEWS JJ, GIBB I, ET AL. *Accurate placement of a pelvic binder improves reduction of unstable fractures of the pelvic ring.* *J Bone Joint Surg Br* 2011 Nov;93(11):1524-8.
  - 41 VARDON F, BRUNEL E, LECOQ M, FOURCADE O, GEERAERTS T. *External contention for pelvic trauma: is 1 sheet enough?* *Am J Emerg Med* 2013 Feb;31(2):442.e1-3.
  - 42 HIGGINS TF, SWANSON ER. *Pelvic antishock sheeting.* *Air Med J* 2006 Mar-Apr;25(2):88-90.
  - 43 KNOPS SP, VAN RIEL MP, GOOSSENS RH, VAN LIESHOUT EM, PATKA P, SCHIPPER IB. *Measurements of the exerted pressure by pelvic circumferential compression devices.* *Open Orthop J* 2010 Feb 17;4:101-6.
  - 44 JOWETT AJ, BOWYER GW. *Pressure characteristics of pelvic binders.* *Injury* 2007 Jan;38(1):118-21.
  - 45 KNOPS SP, VAN LIESHOUT EM, SPANJERSBERG WR, PATKA P, SCHIPPER IB. *Randomised clinical trial comparing pressure characteristics of pelvic circumferential compression devices in healthy volunteers.* *Injury* 2011 Oct;42(10):1020-6.
  - 46 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):84-6.
  - 47 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 Jul;37(7):1335-9.
  - 48 VOHRA RK, McCOLLUM CN. *Fortnightly review: pressure sores.* *BMJ* 1994;309:853-7.
  - 49 HEDRICK-THOMPSON JK. *A review of pressure reduction device studies.* *J Vasc Nurs* 1992 Dec;10(4):3-5.
  - 50 PAPAPOSTIDIS C, KANAKARIS NK, KONTAKIS G, GI-ANNOUDIS PV. *Pelvic ring disruptions: treatment modalities and analysis of outcomes.* *Int Orthop* 2009 Apr;33(2):329-38.