

Fratture dell'anello pelvico anteriore: proposta di una variante di osteosintesi della sinfisi pubica

Anterior pelvic ring fractures: a proposal of a variant of osteosynthesis of the pubic symphysis

R. Spagnolo
F. Pace
M. Bonalumi
D. Capitani

RIASSUNTO

Il trattamento delle lesioni pelviche instabili può essere suddiviso in due fasi: quello acuto, o fase della rianimazione, e quello a paziente emodinamicamente stabile, o fase della ricostruzione. Nella prima fase il ruolo primario lo riveste la stabilizzazione della frattura che può essere effettuata con fascia pelvica, c-clamp o fissazione esterna nelle fratture open-book o da trauma antero-posteriore, che svolge un duplice effetto di riduzione della mobilità della frattura ed un effetto tampone riducendo la cavità pelvica da virtuale a reale. Nelle fratture tipo instabili utilizziamo un fissatore ancorato sulla cresta iliaca per via transcutanea, mentre nel caso fosse interessata l'articolazione sacro-iliaca omolaterale oltre al fissatore esterno si pone il paziente in trazione transcheletrica per mantenere ridotta l'instabilità verticale (VS). Nel caso in cui il paziente sia ancora emodinamicamente instabile, l'angiografia ricopre un ruolo essenziale mediante l'embolizzazione selettiva. A paziente emodinamicamente stabile si dovrà decidere quale sia il trattamento più idoneo: se continuare con la fissazione esterna o effettuare una sintesi interna. Dal 2005 al gennaio 2008 il primo Autore ha trattato 16 pazienti apportando una modifica nel posizionamento delle viti anteriori per la stabilizzazione della sinfisi pubica, il nostro lavoro è rivolto ai pazienti emodinamicamente stabili, che necessitano quindi di un trattamento definitivo. Classicamente la sintesi della sinfisi pubica è eseguita mediante posizionamento di 2 placche da 3,5 o 4,5 mm, una in sede sovrapubica e l'altra anteriore, dove le viti sono posizionate in direzione antero-posteriore. Nei 16 casi, sono state posizionate solo 2 viti anteriori, una per ciascun ramo pubico nella convinzione di una migliore stabilità nel rispetto delle fisiologiche linee di forza. Tutte le viti hanno una lunghezza compresa fra i 55 e 65 mm. Clinicamente abbiamo ottenuto risultati eccellenti nel 90% dei casi, buona nel 10%; la riduzione è stata anatomica nel 90% e vicina all'anatomica nel 10%.

La tecnica proposta nelle fratture pelviche instabili, secondo la nostra osservazione, incrementando la stabilità della sinfisi pubica favorisce una maggiore stabilità della sacro iliaca, quindi una riduzione degli insuccessi.

Parole chiave: fratture della pelvi instabili, osteosintesi, sinfisi pubica, placche

Azienda Ospedaliera
Niguarda Cà Granda, Milano,
U.O. di Ortopedia
e Traumatologia, D.E.A.

Indirizzo per la corrispondenza:
Dott. Rosario Spagnolo
Viale Gramsci
Sesto San Giovanni, Milano
Tel. 347 7240545
E-mail: rosariospagnolo@libero. it

*Ricevuto il 9 settembre 2008
Accettato il 6 giugno 2009*

SUMMARY

The treatment of instable pelvic lesions could be subdivided in two phases: the acute one (resuscitation phase), and the one of the emodinamically stable patient (reconstruction phase). In the first phase the primary role is to stabilize the patient fracture which can be obtained with the pelvic fascia, c-clamp or external fixation for the open-book fracture or for the antero-posterior compression traumas; these kind of treatment have the duplex effect to reduce the fracture mobility and the pelvic volume from virtual to real with the reduction of retroperitoneal haematoma). In instable fractures we use an external fixator anchored to iliac crest percutaneously, while in case the sacro-iliac joint would be involved, we apply both the external fixator and transcheletric traction to maintain the reduction of the vertical share (VS). In case the patient would be still emodinamically unstable, an arteriography is the gold standard thanks to embolization. Once the patient is stable it has to be decided which kind of treatment would be the best: going on with external fixation or converting in internal fixation. Since 2005 al January 2008 the first Author had treated 16 patients and made a modification in the positioning of the anterior screws for the stabilization of the pubic symphysis. Classically the synthesis of the symphysis is executed with 2 plates of 3,5 or 4,5 mm, one anterior and the other sovrapubic, where the screws are positioned from anterior to posterior. In the 16 considered cases we have positioned just 2 anterior screws, one for each pubic branch, in the conviction of a better respect of the physiological forces lines. All the screws have a length of 55 to 65 mm. Functional results were excellent in 90 percent, good in 10 percent, the reduction were excellent in 90 percent and good in 10 percent. The modified screw fixation method could be proposed in unstable pelvic fractures, our observation suggest that increasing the stability of the inferior part of the pubic symphysis results in increased stability of the sacroiliac joint.

Key words: instable pelvic fractures, osteosynthesis, symphysis pubic, plate

INTRODUZIONE

Le fratture della pelvi, che non coinvolgono la regione acetabolare, sono suddivise in fratture stabili e instabili:

le prime sono causate da trauma a bassa energia, mentre le seconde sono dovute a trauma ad alta energia e sono gravate da una significativa morbilità e mortalità. Le cause più frequenti delle fratture ad alta energia sono gli incidenti stradali, investimenti di pedoni, cadute dall'alto. Le complicanze più frequenti sono le lesioni delle strutture vascolo nervose, le lesioni addominali, di vescica e uretra¹. La mortalità varia dal 10% sino al 50% in caso di lesioni aperte ed è inoltre strettamente correlata al grado di ISS (*Injury Severity Score*), all'associazione di trauma cranico, ipotensione, coagulopatia e alle lesioni viscerali. Il paziente con lesione pelvica da trauma ad alta energia necessita di un trattamento medico chirurgico finalizzato al salvataggio della vita, come previsto dal protocollo ATLS (*Advance Trauma Live Survive*). È in questa fase che l'intervento del traumatologo svolge un ruolo importante mediante la stabilizzazione della frattura ottenuta con la fissazione esterna che ha lo scopo di ridurre il volume pelvico e quindi il sanguinamento. Tale trattamento secondo la letteratura² sortisce una riduzione della mortalità dal 26 al 6%. Le classificazioni delle fratture pelviche sono numerose; le più comunemente note sono quella della A.O. e le classificazioni proposte da Tile³, Young e Burgess⁴. Tile suddivide le fratture in: tipo A (stabile), tipo B (instabilità rotazionale) e tipo C (instabilità rotazionale e verticale), mentre Young e Burgess, che si basano sulla classificazione di Tile, suddividono le fratture in base ai differenti meccanismi traumatici (trauma anteroposteriore, laterale e verticale). Lo studio radiografico di una lesione pelvica prevede classicamente la radiografia del bacino in AP e la TAC; quest'ultima è la metodica più completa per la quantità e qualità di informazioni che trasmette, anche in relazione a eventuali lesioni vascolari e *blushing* che possano richiedere una embolizzazione selettiva. Il trattamento delle lesioni pelviche instabili (LPI) si sviluppa attraverso una prima fase acuta o fase della rianimazione e una successiva fase della ricostruzione a paziente emodinamicamente stabilizzato. Nella prima fase un ruolo primario lo riveste la stabilizzazione della frattura che può essere ottenuta con la fascia pelvica⁵, la c-clamp⁶ o mediante fissatori esterni⁷ che, come descritto, hanno il duplice effetto di ridurre la mobilità della frattura e di svolgere un effetto tampone, riducendo la cavità pelvica da virtuale a reale con riduzione dell'ematoma retroperitoneale. A paziente stabilizzato, sono state proposte varie tecniche di osteosintesi interna (ORIF) per la riduzione della sinfisi pubica: placche a due fori, placche multifori e doppia placca, ma con risultati

discordanti sull'efficacia del tipo di osteosintesi. La tecnica di stabilizzazione da noi utilizzata di routine prevede due placche da 3,5 mm da ricostruzione (ORIF), una collocata in sede sovrapubica e l'altra anteriore; di recente abbiamo apportato una modifica sul posizionamento delle viti sulla placca anteriore, inserendole una su ogni ramo pubico ascendente invece che orientate anteroposteriormente come classicamente descritto.

MATERIALI E METODI

Dal 2002 al gennaio 2008, presso il Trauma Center dell'ospedale di Niguarda sono stati trattati chirurgicamente complessivamente 80 pazienti con fratture dell'anello pelvico. Questo nostro studio è rivolto al paziente emodinamicamente e clinicamente stabilizzato, quindi al trattamento chirurgico definitivo. Dal novembre 2005 abbiamo introdotto una modifica alla tecnica tradizionale di stabilizzazione della sinfisi pubica (ORIF) che abbiamo applicato in 16 pazienti, di cui 10 di sesso maschile, di età compresa tra 28 e 60 anni, media 44 con un follow-up tra 10 e 24 mesi, media 22, con fratture classificate secondo Young e Burgess (Tab. I). Il planning preoperatorio prevede lo studio con radiografia nella proiezione AP (Fig. 1), IN LET, OUT LET e la TAC che viene effettuata di routine in urgenza. La valutazione clinica a distanza era definita eccellente, buona, moderata, o cattiva, considerando il dolore, la motilità e la deambulazione. Il risultato era eccellente quando il paziente non accusava dolore, buona con dolore lieve non condizionante la deambulazione, discreto con dolore persistente e *claudicatio intermittens*, cattiva con dolore severo e limitazione grave della deambulazione⁸. La valutazione radiografica al follow-up includeva la radiografia in antero-posteriore e le proiezioni IN LET e OUT LET. La riduzione della pelvi era considerata anatomica quando era simmetrica, vicino all'anatomica quando la scomposizione era meno di 1 cm, moderata quando era compresa tra 1 e 2 cm, cattiva quando era maggiore di 2 cm⁸. Il trattamento

postoperatorio si è diversificato in base alla tipologia dell'instabilità pelvica: nelle lesioni con instabilità rotazionale, ma stabili sul piano verticale, è stata concessa la deambulazione con carico parziale dalla II settimana fino al carico totale entro l'VIII settimana. Nei casi con associata instabilità verticale il carico è stato concesso dopo la X settimana, con carico completo raggiunto in media entro la XIII settimana. I controlli radiografici (AP, OUT-LET ED IN) sono stati effettuati alla II, V, VIII settimana e a 6, 12 mesi, è stata consigliata la profilassi con anticoagulante per 6 settimane.

TECNICA CHIRURGICA

Il paziente da 5 a 10 giorni dall'evento traumatico (Figg. 1, 2) viene portato in sala operatoria dove si fasciano gli arti inferiori a livello del terzo medio del femore (Fig. 3), si procede alla rimozione del fissatore esterno e delle fiches precedentemente applicate in regime di urgenza e si esegue scopia intraoperatoria per valutare la diastasi residua della sinfisi pubica (Fig. 3a). Successivamente attraverso una via sovrapubica si procede alla riduzione e stabilizzazione della diastasi della sinfisi con due placche da 3,5 mm, la prima sovrapubica (Fig. 4) e la seconda anteriore, tecnica box plate. Negli ultimi 16 casi il primo Autore ha modificato il posizionamento delle viti anteriori, posizionandone solo due, una per ogni ramo pubico, questo nella convinzione di una migliore stabilità postoperatoria; tutte le viti che abbiamo utilizzato hanno una lunghezza che varia da 55 a 65 mm.

Tab. I. Classificazione delle fratture secondo Young e Burgess.

Tipo fratture	Numero
Vertical Shear	3
A-P I	2
A-P II	6
A-P III	5



Fig. 1. S. M. 34 aa Frattura A-P II Rx bacino preoperatorio.



Fig. 2. Stabilizzazione della frattura in urgenza.



Fig. 3. Rimozione fissatore e 3a-controllo in scopia.

Per il posizionamento corretto delle viti è importante: visualizzare il tubercolo pubico, mantenere un'inclinazione di 10-30° rispetto alla sinfisi pubica, palpare con la mano controlaterale il ramo pubico per evitare l'eventuale fuoriuscita della fresa anteriormente che potrebbe lacerare l'arteria e /o la vena femorale. Quando si è sicuri del tragitto eseguito con la fresa, con il palpatore si controlla la lunghezza del tunnel osseo (Fig. 4a) e si sceglie la vite idonea (Fig. 4b-c). La placca può avere una lunghezza che varia dai 3 ai 6 fori per una migliore scelta nel posizionamento della vite controlaterale (Fig. 5a-c). Nelle instabilità miste (VS), in urgenza abbiamo posizionato il paziente su lettino da trazione, ridotta la instabilità verticale e posizionato il fissatore esterno sulla cresta iliaca; il controllo dell'instabilità verticale è stato effettuato ponendo l'arto in trazione transcondilica femorale. Successivamente dopo 7-10 giorni abbiamo proceduto all'osteosintesi definitiva dell'articolazione sacro iliaca e quindi dell'anello pelvico anteriore.

RISULTATI

Tra le complicanze dobbiamo segnalare un caso di neurotmesi dello SPE, in una frattura con VS, provocata nella fase di riduzione della instabilità verticale: si trattava di un trauma a 6 settimane proveniente da altro ospedale; due casi di neuropraxia della radice di L5, regredita entro 4 mesi, complicanza della sintesi per via anteriore della sacro iliaca; un caso di embolia polmonare. Non abbiamo osservato nessun caso di infezione o mobilizzazione dei mezzi di sintesi, 3 pazienti hanno lamentato pubalgia, regredita con terapia medica in 3 settimane. Clinicamente abbiamo ottenuto risultati eccellenti nel 90% dei casi, buona nel 10%; la riduzione è stata anatomica nel 90% e vicina all'anatomica nel 10%.

DISCUSSIONE

Il trattamento dell'instabilità pelvica ha avuto negli ultimi decenni un notevole impulso e grazie all'utilizzo del protocollo ATLS si è assistito a una significativa riduzione della mortalità.

Le fratture pelviche instabili sono sempre la conseguenza di traumi ad alta energia e i pazienti sono sovente politraumatizzati emodinamicamente instabili con lesioni multiviscerali. Il primo step del trattamento consiste

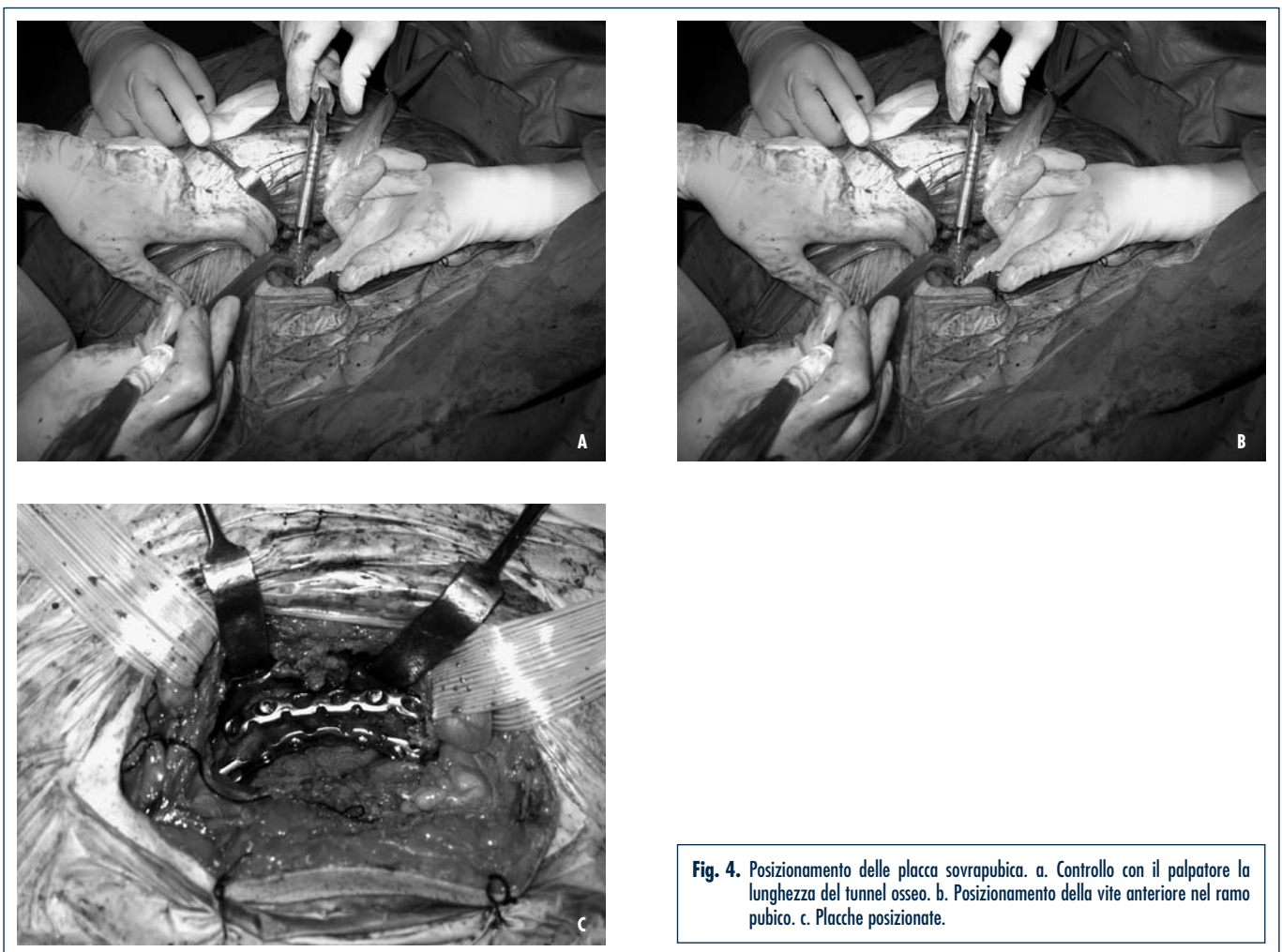


Fig. 4. Posizionamento delle placca sovrapubica. a. Controllo con il palpatore la lunghezza del tunnel osseo. b. Posizionamento della vite anteriore nel ramo pubico. c. Placche posizionate.



Fig. 5a-c. S. M. Rx bacino controllo post-operatorio, IN e OUT LET.

nel controllare l'instabilità emodinamica attraverso la stabilizzazione della frattura pelvica, più frequentemente ottenuta mediante fissazione esterna con fascia pelvica, con la c-clamp o il fissatore posto sulla cresta. La fissazione esterna è stata progressivamente abbandonata come trattamento definitivo poiché sono state descritte infezioni delle fiches e un'alta percentuale di mobilizzazione secondaria soprattutto a carico dell'articolazione sacro iliaca⁹. Negli ultimi decenni la fissazione interna (ORIF) della sinfisi pubica con placche da 3, 5 o 4, 5 mm sta diventando di più frequente utilizzo nella stabilizzazione definitiva¹⁰. La stabilizzazione della sinfisi pubica con placche è stata descritta da Sharp et al. nel 1973¹¹ e da allora sono state proposte varie tecniche chirurgiche. Ampio è il dibattito sul tipo di placche da utilizzare: quelle a 2 fori, a più fori, doppia placca anteriore e sovrapubica insieme¹².

Webb et al.¹³ hanno utilizzato sempre una placca a 2 fori senza mostrare alcun fallimento.

Lange et al.¹⁴ hanno utilizzato sia placche a 2 fori che con quattro fori e non hanno riportato nessun caso di fallimento con l'uso di placche a due fori nonostante non avessero stabilizzato la sacro iliaca, mentre il fallimento era del 50% nelle placche a quattro fori.

I sostenitori della fissazione con la placca a 2 fori affermano che con il posizionamento di una vite per ogni lato della sinfisi pubica rispetto all'utilizzo di più viti, la resistenza nel mantenere la riduzione della sinfisi sia sovrapponibile con il vantaggio di una minore dissezione dei tessuti. Studi di biomeccanica inoltre hanno dimostrato che con questa configurazione a due viti, che non ostacola i fisiologici movimenti del bacino, si riduce lo stress a cui è sottoposto l'impianto, dunque con un minor rischio di insuccessi¹⁵. Nel 2008 Sagi et al.¹⁶ nell'osteosintesi con placche a 2 fori, nel 33% dei casi hanno osservato il fallimento della sintesi con una perdita di riduzione a distanza rispetto al postoperatorio o la mal consolidazione della frattura. Nel gruppo in cui sono state utilizzate placche con più fori le complicanze di mal consolidazione o perdita della riduzione si sono evidenziate nel 12% dei casi. Nel 1999 Nork et al.¹⁷ hanno presentato la loro casistica riportando, con l'utilizzo delle placche a 2 fori, malconsolidazione o perdita di riduzione nel 50% dei casi.

Sulla base dello studio effettuato da Nork et al., la placca con più fori, garantendo una maggiore rigidità, favorisce la guarigione, ma è necessario pre modellare la placca ed

eseguire una riduzione quanto più possibile anatomica della frattura o della diastasi della sinfisi. Desideriamo infine sottolineare che Meissner et al.¹⁸ hanno dimostrato che il *tension band* e il *loop* con fili metallici o pds, non garantiscono la stessa tenuta di una stabilizzazione della sinfisi pubica con placca e viti; quest'ultima consente inoltre una precoce mobilizzazione e un carico parziale dai primi giorni post intervento a patto che sia stata ottenuta una buona riduzione intraoperatoria. MacAvoy et al.¹⁹ sostengono che non ci sia differenza nella stabilità tra l'utilizzo di una sola placca o di una doppia placca. Tile²⁰ sostiene che nelle fratture tipo B1 è sufficiente sia una placca a due fori che a quattro; nelle fratture instabili in cui sia stata effettuata una sintesi posteriore è sufficiente una sola placca. Nelle fratture instabili, quando non sia stata effettuata una stabilizzazione posteriore si dovrebbero sempre posizionare due placche delle quali una superiore e l'altra anteriore associata alla fissazione esterna. Nella nostra esperienza, sia nelle fratture stabili che instabili, abbiamo sempre posizionato due placche (*tecnica box plate*) nella convinzione di una maggiore stabilità post chirurgica. Nelle instabilità tipo APC tipo 2, l'utilizzo di due placche ha evitato la rottura dei mezzi di sintesi a conferma del nostro sospetto che l'interessamento dell'instabilità legamentosa posteriore potesse essere ben più grave di quanto documentato dalla TAC. Per valutare l'instabilità è nostra consuetudine effettuare un semplice test tramite una fiches impiantata sulla cresta iliaca; qualora questa dovesse dimostrare una ipermobilità, procediamo alla sintesi della sinfisi con tecnica *box plate*. Nelle instabilità APC III, VS è importante effettuare prima la stabilizzazione posteriore e quindi quella anteriore. La difficoltà di una riduzione anatomica dell'articolazione sacro iliaca e quindi di una non perfetta riduzione dell'anello pelvico anteriore ci ha indotto a introdurre una modifica nel posizionamento delle viti della placca anteriore che sono diventate due e dirette una su ogni ramo pubico; abbiamo in tal modo ottenuto una stabilità maggiore rispetto alla tecnica tradizionale. La rottura delle placche a livello della sinfisi pubica riportata in letteratura, sono forse la conseguenza di una non corretta classificazione del tipo di instabilità. Molte fratture APC tipo III forse vengono sottostimate e classificate come APC II, e quindi l'utilizzo della sola placca sovrapubica è insufficiente e il rischio di frattura della placca o di mobilizzazione del mezzo di sintesi è elevato.

CONCLUSIONI

Le fratture pelviche instabili richiedono in urgenza la stabilizzazione della frattura che è possibile ottenere con la c-clamp, la fascia pelvica e il fissatore. La stabilizzazione della frattura pelvica deve essere veloce, sicura e riproducibile da tutta l'équipe-trauma e a nostro giudizio l'applicazione del fissatore esterno sulla cresta iliaca è la metodica più semplice e più conosciuta dagli ortopedici. Il fissatore esterno ovviamente non può essere utilizzato sempre da solo, ma in presenza di instabilità posteriore con VS è utile applicare una trazione transcheletrica per mantenere ridotta la sacro iliaca. Il trattamento definitivo della frattura pelvica instabile, viene effettuato dopo 5-10 giorni dal trauma; raramente le fratture tipo A2 richiedono trattamento chirurgico, mentre nelle fratture stabili nella maggioranza dei casi è sufficiente la stabilizzazione anteriore con due placche. Il primo Autore ha apportato una modifica nell'utilizzo delle viti anteriori, riducendole da 4, come descritto in letteratura, a 2 della lunghezza tra 55 e 65 mm, posizionandole sul ramo pubico ascendente. Lo scopo è stato quello di ottenere una maggiore stabilità che potesse tra l'altro permettere un carico precoce. Come ipotesi si potrebbe prendere in considerazione l'effetto tirante delle due viti, importante per evitare fallimenti o rotture dei mezzi di sintesi quando non si ottenga una riduzione ottimale della sacro iliaca. In conclusione secondo la nostra esperienza l'uso della doppia placca rappresenta il gold standard nel trattamento delle fratture dell'anello pelvico anteriore. La tecnica proposta nelle fratture pelviche instabili, secondo la nostra osservazione, incrementando la stabilità della sinfisi pubica favorisce una maggiore stabilità della sacro iliaca, quindi una riduzione degli insuccessi.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Dalal SA, Burgess AR, Siegel JH, Young JW, Brumback RJ, Poka A, et al. *Pelvic fracture in multiple trauma: classification by mechanism is key to pattern of organ injury, resuscitative requirements, and outcome.* J Trauma 1989;29:981-1000.
- ² Bottlang M, Krieg JC. *The pelvic fracture stabilization in the field.* Emerg Med Serv 2003;32:126-9.
- ³ Tile M. *Acute pelvic fractures: causation and classification.* J Am Acad Orthop Surg 1996;4:143-51.
- ⁴ Young JWR, Burgess AR. *Radiologic Management of pelvic ring fractures: systematic radiographic diagnosis.* Baltimore: Urban e Schwarzenberg 1987.
- ⁵ Ramzy AI, Murphy D, Long W. *The pelvic sheet wrap: initial management of unstable fractures.* JEMS 2003;28:68-78.
- ⁶ Ertel W, Keel M, Eid K, Platz A, Trentz O. *Control of severe hemorrhage using C-clamp and pelvic packing in multiply injured patients with pelvic ring disruption.* J Orthop Trauma 2001;15:468-74.
- ⁷ Poka A, Libby EP. *Indication and techniques for external fixation of the pelvis.* Clin Orthop 1999;361:237-44.
- ⁸ Rommens PM, Hessmann MH. *Staged reconstruction of pelvic ring disruption: differences in morbidity, mortality, radiologic results, and functional outcomes between B1, B2/3, and C-Type lesion.* Journal of Orthop Trauma 2002;2:92-8.
- ⁹ Lindahl J, Hirvensalo E, Bostman O, Santavirta S. *Failure of reduction with an external fixator in the management of injury of the pelvic ring: long term evaluation of 110 patients.* J Bone J Surg (Br) 1999;81-B:955-62.
- ¹⁰ Matta JM. *Indication for anterior fixation of pelvic fractures.* Clin Orthop 1996;329:88-96.
- ¹¹ Sharp IK. *Plate fixation of disrupted symphysis pubis. Preliminary report.* J Bone J Surg (Br) 1973;55:618-20.
- ¹² Simonian PT, Routt ML jr, Harrington RM, Tencer AF. *Box plate fixation of the symphysis pubis: biomechanical evaluation of a new technique.* J Orthop Trauma 1994;8:483-9.
- ¹³ Webb LX, Bosse MJ, Mayo KA, Lange RH, Miller ME, Swiontkowski MF. *Results in patients with craniocerebral trauma and an operative managed acetabular fracture.* J Orthop Trauma 1990;4:376-82.
- ¹⁴ Lange RH, Hansen ST. *Pelvic ring disruption with symphysis pubis diastasis. Indication, technique, and limitations of anterior internal fixation.* Clin Orthop Relat Res 1985;201:130-7.
- ¹⁵ Webb LX, Gristina AG, Wilson JR, Rhyne AL, Meredith JH, Hansen ST Jr. *Two-hole plate fixation for traumatic symphysis pubis diastasis.* J Trauma 1988;28:813-7.
- ¹⁶ Sagi HC, Papp S. *Comparative radiographic and clinical outcome of two-hole and multi-hole symphyseal plating.* J Orthop Trauma 2008;22:373-8.
- ¹⁷ Nork SE, Hubbard DF, Simonian PT. *Plate fixation of pubic symphyseal disruption.* Presented at the Annual Meeting of the Orthopaedic Trauma Association, Charlotte, North Carolina, October 22-24, 1999.
- ¹⁸ Meissner A, Fell M, Wilk R, Boenick U, Rahmzadeh R. *Comparison of internal fixation methods for the symphysis in multi-directional dynamic gait simulation.* Unfallchirurg 1998;101:18-25.
- ¹⁹ MacAvoy MC, McClellan RT, Goodman SB, Chien CR, Allen WA, van der Meulen MC. *Stability of open-book pelvic fractures using a new biomechanical model of single-limb stance.* J Orthop Trauma 1997;11:590-3.
- ²⁰ Tile M. *Management of pelvic ring injuries.* In: Tile M, Helfet DL, Kellam JF, editors. *Fractures of the the pelvis and acetabulum.* Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins 2003; pp. 168-216.