



# Experiencia con el sistema gravitacional platelet separation (GPS) en el tratamiento de las pseudoartrosis diafisarias de huesos largos

## *Experience with Gravitational Platelet Separation System in the treatment of diaphyseal non unions of long bones*

Vicario Espinosa C.<sup>1</sup>  
López-Oliva Muñoz F.<sup>2</sup>  
Asenjo Sigüero JJ.<sup>2</sup>  
Ladero Morales F.<sup>2</sup>  
Ibarzabal Gil A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Servicio de Traumatología y Cirugía Ortopédica.  
Hospital Nacional de Paraplégicos.  
<sup>2</sup> Servicio de Traumatología y Cirugía Ortopédica.  
Centro de Rehabilitación FREMAP

### RESUMEN

El Sistema Gravitational Platelet Separation (GPS) permite mediante una sencilla técnica, la obtención de un concentrado autólogo de plaquetas que puede ser aplicado de diversas formas para favorecer la consolidación ósea.

Se ha realizado un estudio retrospectivo clínico y radiográfico de 21 pacientes consecutivos diagnosticados de pseudoartrosis diafisaria no infectada tratados con GPS y con un seguimiento mínimo de 12 meses.

Se ha comprobado la consolidación clínica y radiológica en todos los casos excepto en 2 en un tiempo medio de 12 semanas (rango: 5 - 30 semanas).

La adición de plasma rico en plaquetas a las técnicas quirúrgicas tradicionales en el tratamiento de las pseudoartrosis puede favorecer y acelerar la consolidación ósea.

**Palabras clave:** Pseudoartrosis, Concentrado de plaquetas, Plasma rico en plaquetas, Sistema Gravitational Platelet Separation.

### ABSTRACT

Gravitational Platelet Separation System (GPS) allows the surgeon to obtain easily an autologous concentrate of platelets that can be applied in different ways to promote bone healing.

A retrospective clinical and radiological study on 21 consecutive patients diagnosed of non infected diaphyseal nonunion treated with GPS with a minimum follow-up of 12 months is presented

In all cases but in 2 clinical and radiological healing of the fracture was reported in a mean time of 12 weeks (5-30 weeks). Addition of Platelet Rich Plasma to traditional surgical techniques of treatment of nonunions can enhance and accelerate bone healing.

**Key words:** Nonunion, Platelet concentrate, Platelet rich plasma, Gravitational Platelet Separation System.

*Patología del Aparato Locomotor, 2006; 4 (2): 98-104*

---

#### Correspondencia

C. Vicario Espinosa  
Servicio de Traumatología y Cirugía Ortopédica.  
Hospital Nacional de Paraplégicos Finca la Peraleda s/n.  
Toledo 45071. España  
cvicario@iespana.es

---



## INTRODUCCIÓN

Entre el 90-95% de todas las fracturas de huesos largos consolidan independientemente del tratamiento realizado (1-3). Los casos de pseudoartrosis suponen un pequeño porcentaje de casos en los que el proceso biológico de consolidación es incapaz de superar los condicionantes biológicos y mecánicos de la lesión ósea (4).

En el proceso normal de consolidación ósea se han involucrado numerosos factores, como la estabilidad mecánica, el adecuado aporte sanguíneo y el contacto entre los fragmentos. La ausencia de uno o más de estos factores predispone al desarrollo de una pseudoartrosis (4). Las pseudoartrosis diafisarias afectan al hueso cortical y, por tanto, necesitan más tiempo para consolidar y pueden ser más resistentes al tratamiento que las que afectan a las regiones metafisarias o epifisarias (5).

El tratamiento adecuado de una pseudoartrosis no infectada requiere una estabilidad mecánica adecuada (6-8) apoyada por una buena inducción biológica. El injerto autólogo esponjoso de cresta ilíaca es el estimulador biológico más frecuentemente usado (9). Recientemente se ha prestado especial interés en los factores de crecimiento osteoinductivos, en especial los derivados de la superfamilia TGF- $\beta$ , como las BMP, FGF, IGF o el PDGF. Algunos de estos factores están incluidos en los gránulos  $\beta$  de las plaquetas. Para su obtención se han desarrollado y comercializado diversos procedimientos de concentrados plaquetarios con el fin de acelerar y promover la consolidación ósea, con un sencillo proceso de centrifugación (10).

Aunque este tipo de sistemas han sido habitualmente empleados en cirugía máxilofacial (11,12) han sido menos frecuentes en cirugía ortopédica (13) y no hemos encontrado datos en la literatura sobre su empleo en pseudoartrosis de huesos largos. El objetivo del presente estudio es describir nuestra experiencia con el sistema GPS® en el tratamiento de las pseudoartrosis y retardos de consolidación diafisarias de huesos largos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio retrospectivo clínico y radiológico en 21 pacientes consecutivos, menores de 55 años, diagnosticados de pseudoartrosis o retardo de

consolidación aséptica. Todos fueron tratados con aporte de plasma rico en plaquetas (PRP) y seguidos durante un año, como mínimo. Se definió como pseudoartrosis, siguiendo el criterio de la FDA, una fractura que al menos 9 meses después no mostró signos de consolidación durante al menos 3 meses (14). Por su parte, el retardo de consolidación eran fracturas que, en opinión del médico que la trata, mostraba signos de consolidación más lentos de lo que cabría esperar con riesgo sustancial de convertirse en una pseudoartrosis sin otras intervenciones (4).

El concentrado de plaquetas se obtuvo en todos los casos en quirófano 55 - 110 ml de sangre autóloga, mezclada con citrato, como anticoagulante, y que se depositó en el tubo GPS®. El tubo se centrifugó a 3.200 revoluciones por minuto, durante 12 minutos. Tras su retirada de la centrifugadora se procedió al descenso de la boya para separar el plasma pobre en plaquetas (PPP) del PRP que queda en la parte superior de la boya.

Antes de su empleo, el concentrado de plaquetas se mezcló con trombina para inducir la liberación de los factores de crecimiento plaquetarios (15), mediante la toma de una pequeña muestra de sangre que se sometió a un segundo ciclo de centrifugado se obtuvo trombina autóloga.

Después, el PRP y la trombina autóloga fueron colocados en la jeringa y con el aplicador se mezclaron en la proporción adecuada. Esta mezcla, rica en factores de crecimiento puede ser aplicada directamente sobre la herida, insertada mediante un catéter o formar un gel mezclado con fragmentos de injerto óseo o gránulos osteoconductores sintéticos antes de ser aplicada.

Se realizó un control y seguimiento clínico y radiológico de todos los casos. La consolidación ósea se consideró cuando se produjo una mejoría clínica significativa, un aumento de la tolerancia a la carga y cuando en los controles radiográficos mostraron presencia de callo óseo en remodelación puenteando al menos 3 corticales en el foco de pseudoartrosis (16).

En nuestra casuística, 19 pacientes eran hombres y 2 mujeres, con una edad media de 36 años (rango: 23-54). Se recogieron 15 casos de pseudoartrosis de tibia, 5 en el fémur y 1 en húmero. 19 pseudoartrosis fueron atróficas y 2 hipertróficas.

Según la clasificación de Gustilo y Anderson (17),



FIG. 1. Aspecto del injerto de cresta iliaca mezclado con GPS.

la fractura inicial fue en 10 casos fracturas cerradas, en 2 abiertas grado I, 4 tipo III-A, 4 tipo III-B y 1 III-C.

El tratamiento inicial fue clavo intramedular fresado en 7 casos, fijador externo en otros 7, clavo intramedular no fresado en 5, una reducción abierta y osteosíntesis en un caso y en otro tratamiento ortopédico. Seis de los pacientes sufrieron un politraumatismo con 2 ó más fracturas asociadas).

Además del tratamiento inicial, los pacientes habían sufrido una media de 2 reintervenciones antes de la aplicación del GPS® (rango: 0-6) y el tiempo medio entre la fractura y el procedimiento con GPS fue de 18,9 meses (rango 3-42 meses).

Cuando se empleó el sistema GPS® en 9 pacientes se reemplazó el sistema de osteosíntesis por un

clavo intramedular fresado, la osteosíntesis previa se mantuvo en otros 8 pacientes, en 2 casos se realizó una reducción abierta y osteosíntesis interna y se usó un fijador externo en otros 2 casos. El PRP se mezcló con fragmentos de hueso esponjoso autólogo de cresta iliaca en 18 casos (Figura 1), en otro paciente se añadieron, además, gránulos de fosfato tricálcico, en otro caso se usó un peroné vascularizado. Únicamente en una ocasión no se añadió injerto.

En el periodo postoperatorio inmediato no se encontraron complicaciones significativas, incluyendo infecciones de la herida quirúrgica.

## RESULTADOS

Excepto en dos evoluciones se constató la consolidación clínica y radiográfica de la pseudoartrosis (Figura 2) en un tiempo medio de 12 semanas (rango: 5-30 semanas). De los 19 casos consolidados, al final del seguimiento, 12 no referían dolor y 7 lo describían como menor (Tabla 1).

Uno de los dos pacientes que no consolidaron fue un varón de 32 años que sufrió una fractura cominuta diafisaria de fémur, tratada inicialmente con un clavo intramedular fresado, sin lograr una buena reducción (figura 3A), se diagnosticó la pseudoartrosis a los 10 meses (figura 3B). Se realizó un recambio del clavo intramedular fresado y se añadió un injerto de esponjosa autólogo de cresta iliaca junto a PRP (Figura 3C). Sin embargo, 6 meses después el paciente desarrolló una nueva pseudoartrosis dolorosa (Figura 3D) y fue programado para



FIG. 2. Evolución de una consolidación.


**TABLA I. Casos Tratados con PRP**

	<b>FRACTURA</b>	<b>TIPO (GUSTILO)</b>	<b>TTO INICIAL</b>	<b>CIRUGÍAS PREVIAS</b>	<b>TIEMPO HASTA GPS (meses)</b>	<b>TTO CON GPS</b>	<b>TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN (meses)</b>
1	Tibia	III-A	Clavo Fresado	6	42 Fresado	Clavo	6
2	Tibia	III-A	Fijador externo	2	4	Clavo Fresado	30
3	Tibia	III-B	Fijador externo	3	8	Sin cambio	10
4	Tibia	III-A	Clavo no fresado	4	18	Fijador externo	18
5	Tibia	I	Fijador externo	1	6	RAFI	15
6	Tibia	Cerrada	Clavo Fresado	1	7	Sin cambio	14
7	Tibia	Cerrada	Ortopédico	0	3	Clavo Fresado	6
8	Fémur	Cerrada	Clavo Fresado	1	12	Clavo Fresado	12
9	Tibia	III-B	Fijador externo	5	10	Fijador externo	14
10	Tibia	Cerrada	Clavo no fresado	0	6	Sin cambio	10
11	Tibia	Cerrada	Clavo Fresado	2	8	Sin cambio	14
12	Húmero	Cerrada	RAFI	0	8	RAFI	5
13	Fémur	Cerrada	Clavo Fresado	2	10	Sin cambio	12
14	Tibia	III-B	Fijador externo	3	9	Sin cambio	9
15	Fémur	Closed	Clavo Fresado	2	12	Clavo Fresado	NO
16	Tibia	I	Clavo Fresado	2	5	Sin cambio	22
17	Fémur	Cerrada	Clavo no fresado	0	8	Clavo Fresado	10
18	Fémur	Cerrada	Clavo no fresado	3	18	Clavo Fresado	14
19	Tibia	III-A	Fijador externo	2	3	Clavo Fresado	6
20	Tibia	III-C	Clavo no fresado	0	7	Clavo Fresado	6
21	Tibia	III-B	Fijador externo	1	3	Sin cambio	NO

RAFI: Reducción Abierta y Fijación Interna.

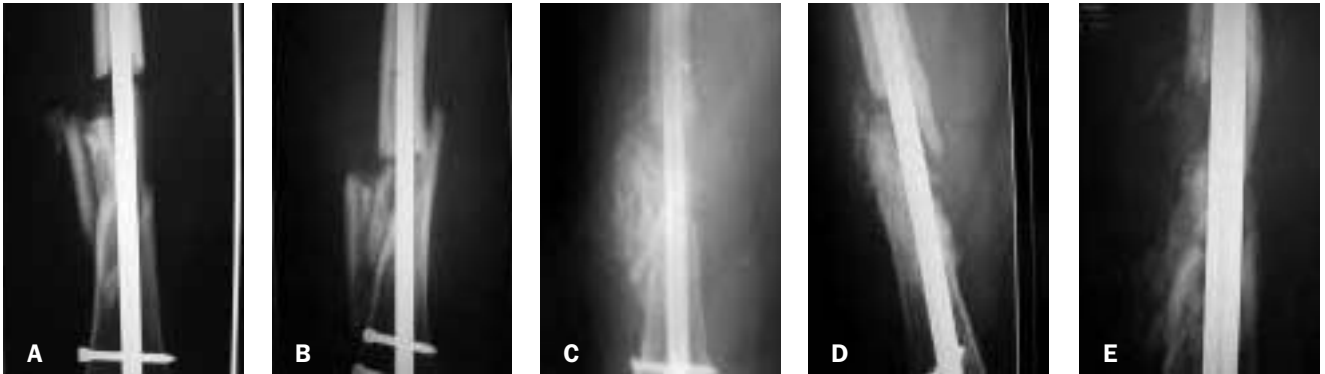


FIG. 3. A). Reducción inicial incompleta; B) a los 10 meses se diagnosticó la pseudoartrosis; C) Se recambió el clavo intramedular fresado y se aportó autoinjerto de cresta ilíaca con GPS; D) 6 meses después la pseudoartrosis no había consolidado; E) Se realizó un nuevo autoinjerto de cresta iliaca con GPS y a las 3 semanas se puede observar un avance del callo inicial.

una reintervención, en la que se hizo un nuevo aporte de injerto óseo con GPS® (Figura 3E).

El otro caso fue el de un varón de 52 años que tras un accidente de motocicleta sufrió una fractura abierta III-B de tibia. Inicialmente fue tratado mediante irrigación y desbridamiento y fijador externo (Figura 4A). 2 semanas después se realizó una cobertura con un colgajo rotacional de sóleo. Cuatro meses después se realizó el injerto óseo con GPS®, manteniéndose el fijador externo (Figura 4B). Tres meses más tarde se retiró el fijador por aflojamiento séptico de las agujas y se consideró que la fractura estaba consolidada (Figura 4C) por lo que se autorizó el apoyo con una férula. Sin embargo, a los pocos días sufrió una refractura (figura 4D) efectuando una fijación con clavo intramedular fresado. Tres meses después se podía

observar un buen avance del callo de fractura (Figura 4E).

#### DISCUSIÓN

La mayoría de las series publicadas sobre pseudoartrosis son grupos de fracturas no homogéneas que siguen diferentes métodos de tratamiento. Por ello existe una gran variabilidad en los datos publicados acerca de los dos indicadores de la calidad de los resultados que son el porcentaje y el tiempo de consolidación. Si seleccionamos casos de pseudoartrosis diafisaria de huesos largos, independientemente del método de tratamiento, la consolidación ósea sucede en el 80-100% de los casos en un tiempo medio que oscila entre 5 a 12 meses (3,8,18-25), aunque en cualquier caso la



Fig. 4. A) Tratamiento inicial con fijador externo B) 4 meses después se realizó un injerto autólogo de cresta ilíaca y GPS; C) a los 3 meses se retiró el fijador por aflojamiento y se autorizó la carga con una ortesis D) 2 semanas después sufrió una refractura sobre el foco previo; E) se sintetizó con un clavo intramedular fresado y 4 meses después se puede observar consolidación ósea.



validez de los criterios empleados para definir la consolidación radiológica no está determinada y no existen escalas validadas que permitan graduar la consolidación ósea desde el punto de vista radiográfico (16,26,27). Entre todos los métodos publicados, el número de corticales puenteadas por callo óseo es reproducible y fácil de medir en la imagen (16).

En nuestro estudio hemos visto que la adición de concentrado de plaquetas facilita y acelera la consolidación ósea, destacando un 90% de consolidaciones, en un tiempo medio de 12 semanas con un único procedimiento quirúrgico aportando además injerto autólogo. El estudio no nos permite determinar la utilidad del PRP aunque el tiempo medio de consolidación ha sido más corto que el publicado en la mayoría de las series en la literatura (38,18-25).

Otro aspecto a resaltar es la ausencia de complicaciones infecciosas postoperatorias que en algunas

series afecta hasta al 10% de los pacientes (22;23). La influencia de los factores de crecimiento plaquetario sobre el sistema inmune y su respuesta a la infección, aunque poco conocida, puede mejorarla (28,29).

Sin embargo, la adición de PRP en el tratamiento de cualquier patología y en especial en las pseudoartrosis de los huesos largos, no puede sustituir nunca a los principios clásicos de tratamiento, una fijación estable ayudada por la adecuada estimulación biológica y cobertura de las partes blandas.

Estos resultados prometedores deben ser confirmados con estudios comparativos, a ser posible multicéntricos que permitan determinar la importancia relativa de la adición de concentrado de plaquetas en las diversas técnicas empleadas clásicamente en el tratamiento de los problemas de consolidación ósea, aunque no siempre es posible encontrar grupos numerosos y homogéneos para este tipo de estudios.

## Referencias bibliográficas

1. Einhorn T. A. Enhancement of fracture healing. Instr Course Lect 45, 1996: 401-16.
2. Praemer A, Furner S, Rice D. P. Musculoskeletal conditions in the United States. Park Ridge IL, AAOS, 1992:83-124.
3. OH C-W, Park B-C, I H N J-C, Park H-J. Primary unreamed intramedullary nailing for open fractures of the tibia. Int Orthop 2001; 24:338-41.
4. Brinker M R. Nonunions. Evaluation and Treatment... Philadelphia, Saunders. Elsevier Science, 2003:507-604.
5. Riemer B L, Butterfield S L. Comparison of reamed and nonreamed solid core nailing of the tibial diaphysis after external fixation: A preliminary report. J Orthop Trauma 1993; 7:279-85
6. Chatziyiannakis A A, Verettas D A, Raptis V K, Charpantitis S T. Nonunion of tibial fractures treated with external fixation. Contributing factors studied in 71 fractures. Acta Orthop Scand 1997; 275 (suppl): 77-9.
7. Furlong A J, Giannoudis P V, Deboer P, Matthews S J, Macdonald D A, Smith R H. Exchange nailing for femoral shaft aseptic non-union. Injury 1999; 30: 245-9.
8. Ring D, Kloen P, Kadzielski J, Helfet D, Jupiter D B. Locking compression plates for osteoporotic nonunions of the diaphyseal humerus. Clin Orthop 2004; 425: 50-4.
9. Borrelli J, Jr, Prickett W D, Ricci W M. Treatment of nonunions and osseous defects with bone graft and calcium sulfate. Clin Orthop 2003; 411: 245-54.
10. Marlovits S, Mousavi M, Gabler C, Lerdos J, Vecsei V. A new simplified technique for producing platelet-rich plasma: a short technical note. Eur Spine J 2004; (suppl 1): S102-S6.
11. Bhanot S, Alex J C. Current applications of platelet gels in facial plastic surgery. Facial Plast Surg 2002; 18: 27-33.
12. Carlson N E, Roach R B Jr. Platelet-rich plasma: clinical applications in dentistry. J Am Dent Assoc 2004; 133:1383-6.
13. Franchini M, Dupplicato P, Ferro I, De Gironcoli M, Aldegheri R. Efficacy of platelet gel in reconstructive bone surgery. Orthopedics 2005; 28:161-3.
14. Taylor J C. Delayed union and nonunion of fractures. Crenshaw AH (ed). Campbell's Operative Orthopaedics. St Louis, Mosby, 1992; 1287-1345.



15. Carter C A, Jolly D G, Worden C E, Hendren D G, Kane C J. Platelet-Rich Plasma Gel Promotes Differentiation and Regeneration During Equine Wound Healing. *Exp Mol Pathol* 2003; 74, 244-55.
16. Whelan D B, Bhandari M, Mckee M D, Guyatt G H, Kreder H J, Stephen D, ET AL. Interobserver and intraobserver variation in the assessment of the healing of tibial fractures after intramedullary fixation. *J Bone Joint Surg (Br)* 2002; 84-B: 15-8.
17. Gustilo R B, Anderson J T. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty five open fractures of long bones: Retrospective and prospective analysis. *J Bone Joint Surg (Am)* 1976; 58-A, 453-8.
18. Cove J A, Lhowe D W, Jupiter D B, Siliski J M. The management of femoral diaphyseal nonunions. *J Orthop Trauma* 1997; 11: 513-20.
19. Webb L X, Winqvist R A, Hansen S T. Intramedullary nailing and reaming for delayed union or nonunion of the femoral shaft. A report of 105 consecutive cases. *Clin Orthop* 1996; 212: 133-41.
20. Hak D J, Lee S S, Goulet J A. Success of exchange reamed intramedullary nailing for femoral shaft nonunion or delayed union. *J Orthop Trauma* 2000; 14: 178-82.
21. Uengs W, Chao E K, Lee S S, Shih C H. Augmentative plate fixation for the management of femoral nonunion after intramedullary nailing. *J Trauma* 1997; 43: 640-4.
22. Alho A, Ekeland A, Stromsoe K, Benterud J G. Nonunion of tibial shaft fractures treated with locked intramedullary nailing without bone grafting. *J Trauma* 1993; 34: 62-7.
23. Wiss D A, Stetson W B. Nonunion of the tibia treated with a reamed intramedullary nail. *J Orthop Trauma* 1994; 8: 189-94.
24. Megas P, Panagiotopoulos E, Skriviliotakis S, Lambiris E. Intramedullary nailing in the treatment of aseptic tibial nonunion. *Injury* 2001; 23: 233-9.
25. C.Wu, W.Chen. Exchange nailing for aseptic nonunion of the femoral shaft. *Int Orthop* 2002; 26:80-4.
26. Davis B J, Roberts P J, Moorcroft C I, Brown M F, Thomas P B, Wade R H. Reliability of radiographs in defining union of internally fixed fractures. *Injury* 2004; 35: 557-61.
27. Bhandari M, Guyatt G H, Swiontkowski M F, Tornetta P, Sprague S, Schemitsch E H. A lack of consensus in the assessment of fracture healing among orthopaedic surgeons. *J Orthop Trauma* 2002; 16: 562-6.
28. Heldin C H. Development and possible clinical use of antagonists for PDGF and TGF-beta. *Ups J Med Sci* 2004; 109: 165-78.
29. Heldin CH, Betsholtz C, Johnsson A, Nister M, Ek B, Ronnstrand L, ET AL. Platelet-derived growth factor: mechanism of action and relation to oncogenes. *J Cell Sci Suppl* 1985; 3:65-76.