



INVESTIGACIÓN

Técnica de microindentación ósea y algometría de presión aplicada al recambio protésico de rodilla y dolor en punta de vástago tibial. Resultados preliminares en un grupo de 20 pacientes



X. Pelfort^{a,b,*}, R.C. Güerri^c, J.F. Sanchez^a, C. Dürsteler^d, D. Valverde^a, P. Hinarejos^a, J. Leal^a, R. Torres^a y Ll. Puig^a

^a Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Parc de Salut Mar, Barcelona, España

^b Unidad de Rodilla, Institut Català de Traumatologia i Medicina de l'Esport, Instituto Universitario Dexeus, Barcelona, España

^c Servicio de Medicina Interna, Parc de Salut Mar, Barcelona, España

^d Unidad de Dolor, Servicio de Anestesiología, Parc de Salut Mar, Barcelona, España

Recibido el 18 de diciembre de 2013; aceptado el 22 de enero de 2014

Disponible en Internet el 2 de marzo de 2014

PALABRAS CLAVE

Dolor punta de vástago;
Algometría de presión;
Microindentación ósea

Resumen

Objetivos: Valorar la relación entre la aparición de dolor en punta de vástago tibial con una disminución de la resistencia ósea preoperatoria mediante microindentación ósea. En segundo lugar, conocer la utilidad potencial de la algometría de presión en el diagnóstico y seguimiento de este grupo de pacientes.

Material y método: Se realizó un estudio de correlación intra- e interobservador preliminar, para validar el método de la algometría en un grupo de 50 voluntarios sanos. Posteriormente se realizó un estudio prospectivo en un grupo de 20 pacientes con una media de edad de 74 años (57-84), sometidos a cirugía protésica de rodilla con utilización de un vástago tibial no cementado. Se realizaron mediciones de microindentación y algometría preoperatoriamente y después de un año. Para el análisis estadístico se utilizó el coeficiente de correlación intraclass y la t de Student para datos apareados.

Resultados: En el trabajo preliminar, los valores de correlación intra- e interobservador obtenidos fueron excelentes; 0,91 (0,84-0,95) y 0,86 (0,74-0,92), respectivamente. En el grupo prospectivo no se observaron modificaciones significativas en los valores de microindentación ($p=0,11$) ni algometría ($p=0,6$) después de un año. Se observó una correlación significativa entre los valores de la algometría y las escalas de EVA ($p=0,002$) y funcional ($p=0,02$) en el control anual.

Conclusiones: La algometría de presión fue una herramienta útil en el seguimiento de estos pacientes. La microindentación no fue adecuada para identificar pacientes en situación de riesgo de presentar dolor en punta de vástago tibial.

© 2013 SECOT. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: 92858@parcdesalutmar.cat (X. Pelfort).

KEYWORDS

End-of-stem pain;
Pressure algometry;
Bone
microindentation

Bone microindentation and pressure algometry applied to revision total knee replacement and tibial end-of-stem pain. Preliminary results in a group of twenty patients**Abstract**

Objectives: To study the relationship between the appearance of end-of-stem pain with a preoperative decrease in local bone strength by using the bone microindentation technique. The potential usefulness of pressure algometry in the diagnosis and monitoring of this group of patients is also determined.

Material and method: A preliminary intra- and inter-rater correlation study was performed in a group of 50 healthy volunteers in order to validate the algometry technique. A prospective study was then conducted on 20 patients with a mean age of 74 years (range 57-84) undergoing knee prosthetic surgery with use of a cementless tibial stem. Bone microindentation and pressure algometry measurements were made preoperatively, and after one year of follow-up. The statistical analysis was performed using the Intraclass correlation coefficient and the Student t test for paired data.

Results: The intra and inter-rater correlation values were excellent; 0.91 (0.84-0.95) and 0.86 (0.74-0.92), respectively. No significant variations were found in the microindentation ($P=.11$) or in the pressure algometry ($P=.6$) values after one year of follow-up. Nevertheless, a significant correlation was observed between the values for pressure algometry and the EVA ($P=.002$) and functional scale ($P=.02$) at the end of follow-up.

Conclusions: Pressure Algometry is a useful tool to evaluate this group of patients. Bone microindentation does not seem to be useful in identifying patients with increased risk of developing tibial end-of-stem pain.

© 2013 SECOT. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

Una de las complicaciones descritas en relación a la utilización de vástagos tibiales no cementados en cirugía de revisión de rodilla es la aparición de dolor localizado en la punta del vástago, que puede aparecer entre un 11 a un 18% de los casos según las series¹⁻⁴. Una de las causas que se atribuyen a este trastorno es la disminución de densidad mineral ósea (DMO) que se produce en la tibia proximal después de la colocación del vástago tibial como consecuencia de una modificación de la transmisión de las cargas directamente sobre el extremo distal del implante^{4,5}, que se asocia en la mayoría de los casos a una reacción de refuerzo de la cortical ósea a ese nivel. En el momento actual, se desconoce si una disminución de la resistencia mecánica ósea tibial preoperatoria podría ser considerada como un factor de riesgo para la aparición de dolor en punta de vástago tibial. Una de las técnicas de reciente utilización en la práctica clínica para la medición de la resistencia ósea es la microindentación, que aplicada sobre la diáfisis tibial ya ha demostrado ser útil para diferenciar pacientes con mayor riesgo de fractura osteoporótica⁶. El primer objetivo del trabajo es valorar la relación entre la aparición de dolor en punta de vástago tibial con una disminución de la resistencia ósea preoperatoria utilizando la técnica de microindentación.

Desde el punto de vista del estudio del dolor en punta de vástago tibial, tampoco existe un método reproducible y objetivo para medirlo. La mayor parte de series publicadas se basan en sistemas de evaluación no específicos⁷⁻⁹, o combinan la utilización de un test de satisfacción y función con esquemas anatómicos en los que el paciente localiza el punto algíco^{3,4}. En este sentido, la algometría de presión

es una técnica no invasiva desarrollada desde hace diversas décadas, que permite definir el umbral de aparición de dolor en un determinado punto del cuerpo humano mediante un estímulo de presión progresivo¹⁰. Cuando el paciente considera la presión como dolorosa se detiene la prueba y se registra el valor del umbral de aparición de dolor en ese punto, habitualmente en kilopascales (kPa). En los últimos años con la aparición de algómetros digitales con una mayor precisión en las mediciones se ha utilizado la técnica para el estudio de diversos trastornos musculoesqueléticos¹¹⁻¹³, pero nunca para el estudio del dolor en punta de vástago tibial. El segundo objetivo del estudio es valorar la utilidad potencial de la algometría de presión en el diagnóstico del dolor en punta de vástago tibial, y en el seguimiento de los pacientes portadores de un vástago tibial no cementado.

Material y método

El estudio se dividió en 2 partes. En la primera parte se estudió la correlación intra- e interobservador de la algometría de presión aplicada sobre la diáfisis tibial en un grupo de 50 voluntarios sanos con 2 investigadores previamente instruidos en la técnica de la algometría de presión. En la segunda parte, se realizó un estudio prospectivo en un grupo de 25 pacientes pendientes de ser intervenidos con una prótesis de rodilla con vástago tibial no cementado. Antes de participar en el estudio, tanto los voluntarios sanos del estudio preliminar como los pacientes del grupo de seguimiento prospectivo recibieron una hoja informativa y firmaron el consentimiento informado. El trabajo fue aceptado por el Comité Ético de nuestro centro con número de referencia 2012/5058/1.



Figura 1 Utilización del algómetro de presión en el punto de estudio a 13,5 cm de la interlínea articular.

Estudio preliminar de correlación intra- e interobservador

Se incluyeron 50 voluntarios (27 mujeres y 23 varones), que aceptaron participar en el estudio. El umbral de dolor de cada paciente se determinó utilizando un algómetro electrónico de presión con cabezal esférico de 1 cm² de superficie, y un incremento de presión preestablecido de 20 kPa/s (Algometer®, Somedic Sales, Hörby, Suecia). Las medidas se registraron a 13,5 cm de la interlínea articular interna (fig. 1). Esta distancia se decidió después de un trabajo de revisión de los últimos 50 casos de cirugía de revisión de rodilla en nuestro servicio. Se utilizaron 2 modelos protésicos (Triathlon TS Stryker® y LCCK Zimmer®), y en un 94% de casos se utilizaron vástagos de 100 mm de longitud. A esta distancia se añadieron 35 mm, considerando una longitud de 25 mm del componente tibial y 10 mm para el polietileno. En ese punto se dibujaba un círculo cutáneo en la cara anteromedial de la tibia para definir el punto de estudio. Durante la medición, el algómetro incrementaba la presión a ritmo de 20 kPa/s hasta el momento en que el voluntario experimentaba dolor local y decidía finalizar la prueba. En este momento, el umbral de dolor quedaba registrado en el aparato en kPa. Basándonos en el estudio de Nussbaum y Downes¹⁴, el valor final del umbral de dolor fue el resultado de la media entre la segunda y tercera medición, ya que la primera se consideraba como prueba. Cada investigador registró el umbral en 2 ocasiones, con un intervalo entre ambas de 3 a 6 h. Todos los valores eran registrados en una base de datos por un tercer investigador. Del estudio entre las 3 mediciones realizadas por los 2 observadores se obtuvieron los valores de correlación intra- e interobservador. El coeficiente de correlación intraclase (ICC) se clasificó como pobre (< 0,4), moderado (0,4-0,75) o excelente (> 0,75)¹⁵.

Estudio prospectivo

Para el estudio prospectivo se incluyeron un grupo inicial de 25 pacientes (13 mujeres y 12 varones) pendientes de colocación de una prótesis de rodilla con vástago tibial no cementado. Los criterios de inclusión fueron pacientes con una prótesis primaria dolorosa de origen desconocido, aflo-



Figura 2 Técnica de microindentación aplicada a nivel de la diáfisis tibial.

jamiento aséptico de una PTR primaria o una deformidad grave de la extremidad tributaria de tratamiento mediante PTR con vástago tibial. Se consideraron como criterios de exclusión pacientes con tratamiento médico activo para la osteoporosis durante el periodo de inclusión o casos con defecto óseo severo metafisario (tipo III de la clasificación del *Anderson Orthopaedic Research Institute*).

El protocolo de microindentación incluyó diversos pasos. Se utilizó un microindentador tipo Osteoprobe® (Active Life Scientific, Santa Barbara, California). Después de la preparación antiséptica de la zona cutánea, se posicionaba el aparato con máxima perpendicularidad respecto a la diáfisis tibial (fig. 2). En ese momento el instrumento aplicaba una fuerza inicial de 11 N para atravesar tejidos blandos y llegar a la superficie cortical. Posteriormente realizaba un impacto de 18 N durante 1 ms permitiendo evaluar la distancia de indentación. En cada caso se practicaban varias medidas en la diáfisis tibial y el valor final era la resultante de la media aritmética de las mismas. La prueba duraba menos de 10 min y hasta el momento actual no se han descrito complicaciones asociadas a la misma.

Se realizaron registros de algometría y microindentación tanto preoperatoriamente como después de un año de la intervención. En el caso de la algometría se aplicó sobre la punta de vástago, tibia contralateral y subclavicular. Para la microindentación, las mediciones se tomaron a nivel de la punta de vástago y diáfisis tibial ipsi y contralateral. Asimismo, se registraron datos demográficos como edad, sexo, IMC y antecedentes médico-quirúrgicos de interés. En el control posoperatorio se utilizaron también las escalas de EVA y una clínico-funcional específicamente diseñada para el estudio (tabla 1), para evaluar el dolor en punta de vástago.

Resultados

Estudio de correlación preliminar

La media de edad en el grupo fue de 47 (30-63) años. El valor medio de umbral de dolor en la diáfisis tibial fue de 453,5 kPa. Los valores obtenidos de correlación intra- e interobservador fueron excelentes en todos los casos, y no se

Tabla 1 Escala clínico-funcional para la evaluación del dolor en punta de vástago tibial

Grado	Limitación clínica del paciente
I	Ausencia de dolor en punta de vástago
II	Dolor con la palpación local
III	Dolor espontáneo de forma ocasional
IV	Dolor con la deambulaci3n > 30 min
V	Dolor con la deambulaci3n < 30 min
VI	Dolor constante en reposo

observ3 no ning3n error sistem3tico en los resultados que se resumen en la [tabla 2](#).

Estudio prospectivo

Del grupo inicial de 25 pacientes, 5 no acudieron al segundo control de microindentaci3n o algometría (refirieron dolor local excesivo durante alguna de las pruebas), y se excluyeron de la serie que finalmente fue de 20 pacientes. La media de edad fue de 74 (57-84) a3os, y de IMC fue de 30,8 (23,1-42,4). Los motivos para la colocaci3n de un vástago tibial cementado fueron en 13 casos por un aflojamiento protésico aséptico, 4 en prótesis dolorosas sin signos radiol3gicos de aflojamiento y 3 en deformidades primarias severas.

No se observaron modificaciones significativas en los valores de microindentaci3n despu3s de un a3o de la intervenci3n. Los valores obtenidos se resumen en la [tabla 3](#). Tampoco se observ3 una correlaci3n significativa entre la modificaci3n de los valores de microindentaci3n y el IMC ($p=0,4$) o la edad de los pacientes ($p=0,2$).

En cuanto a los valores obtenidos con la t3cnica de algometría, tampoco sufrieron modificaciones significativas despu3s de un a3o. Los resultados se resumen en la [tabla 4](#).

Los valores medios de la escala funcional y EVA a nivel de la punta de vástago despu3s de un a3o de la intervenci3n fueron de 2,2 (1-5) y de 5,38 (0-8), respectivamente. Asimismo, se observ3 una correlaci3n significativa entre los valores de algometría despu3s de un a3o, y la escala de EVA ($p=0,002$) con la escala clínico-funcional ($p=0,02$). Ning3n paciente de la serie fue intervenido por dolor en punta de vástago tibial durante el tiempo de seguimiento.

Discusi3n

En el trabajo de correlaci3n preliminar, la algometría de presi3n aplicada a nivel de la diáfisis tibial demostr3 tener unos valores excelentes de correlaci3n intra- e interobservador. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por otros autores que utilizaron la misma t3cnica aplicada a otras regiones anatómicas. Wilgen et al.¹² estudiaron los valores de correlaci3n aplicada a la tendinopatía rotuliana en un grupo de jugadores de voleibol, obteniendo unos valores de correlaci3n intra- e interobservador de 0,6 y 0,93, respectivamente. Estos autores concluyeron que la t3cnica podía resultar útil para el diagn3stico y valoraci3n de los resultados terapéuticos en este grupo de pacientes. Asimismo, Farasyn et al.¹⁶ obtuvieron unos valores de correlaci3n intra- e interobservador de 0,98 y 0,97, respectivamente en un grupo de pacientes con dolor lumbar inespecífico.

Otros autores presentaron valores de correlaci3n similares utilizando la t3cnica de la algometría en diferentes localizaciones como la musculatura inter3sea dorsal, cabeza, cuello, deltoides o dedo medio^{17,18}. En este sentido, los resultados obtenidos en el estudio preliminar concuerdan con los ya previamente descritos en la literatura para otras localizaciones anatómicas, y eso confirma que la algometría es una t3cnica v3lida para el estudio del dolor sobre la diáfisis de la tibia.

En cuanto al grupo de estudio prospectivo, no observamos modificaciones significativas en los umbrales de dolor medidos por algometría despu3s de un a3o de seguimiento. Hasta el momento actual no existen trabajos de las mismas características en la literatura. No obstante, existen series parecidas en las que se ha utilizado la algometría de presi3n para el estudio del dolor posoperatorio en prótesis de rodilla o tambi3n para evaluaci3n terapéutica de la tendinopatía rotuliana. En el primero de los casos, Lunn et al.¹⁹ relacionaron la movilizaci3n precoz despu3s de una prótesis de rodilla con un menor dolor postoperatorio. Wilgen et al.¹² en un estudio comparativo entre un grupo de 54 saltadores con tendinopatía rotuliana sintomática y un grupo control de 20 sin molestias, encontraron diferencias significativas en los valores de algometría de ambos grupos y adem3s, utilizaron la t3cnica para estudiar la evoluci3n despu3s del tratamiento específico. Fredberg et al.¹³ tambi3n utilizaron la algometría en un grupo de 24 pacientes con tendinopatía rotuliana, y 24 con tendinopatía aquilea para estudiar el resultado de las infiltraciones con corticosteroide respecto a un grupo placebo. Estos autores, tambi3n concluyeron que la algometría era una t3cnica útil para el diagn3stico y evaluaci3n de los resultados terapéuticos. En nuestra serie, aunque ning3n paciente requiri3 una intervenci3n quirúrgica por dolor en punta de vástago, 2 de ellos presentaron un valor de 5 en la escala funcional (dolor tibial con deambulaci3n inferior a 30 min). Si consideráramos estos 2 casos como dolor en punta de vástago «instaurado», el porcentaje en nuestra serie sería del 10%, y justificaría el hecho de no influir significativamente en los valores de toda la serie. Por otro lado, y basándonos en los trabajos previos de Fisher²⁰ consideramos como modificaciones clínicamente relevantes diferencias superiores a 200 kPa entre umbral de dolor preoperatorio, y despu3s de un a3o de seguimiento. En nuestra serie, aunque los 2 casos mencionados presentaron un descenso superior a 200 kPa en el umbral de dolor, los valores medios de la serie no sufrieron modificaciones significativas. No obstante, la algometría mostr3 una correlaci3n significativa con los valores de EVA y de la escala funcional en el control anual y, por tanto, creemos que podemos considerarla útil, ya que adem3s ofrece mayor precisi3n en la medici3n y es una prueba menos «paciente dependiente». Probablemente, una serie con una muestra mayor o bien el estudio específico de un grupo de pacientes con dolor en punta de vástago ya instaurado podría mejorar la precisi3n de estos resultados.

En cuanto a los valores de microindentaci3n ósea obtenidos, tampoco observamos modificaciones significativas un a3o despu3s de la intervenci3n quirúrgica. No se pudo establecer una relaci3n entre los valores preoperatorios de microindentaci3n y la aparici3n de dolor en punta de vástago. Hasta el momento actual existe poca literatura en cuanto a la utilizaci3n clínica de la microindentaci3n ósea.

Tabla 2 Valores de correlación obtenidos en el grupo preliminar de voluntarios sanos

	Grupo 50 voluntarios sanos		
	Concordancia ICC (IC 95%)	Media umbral (kPa)	Error sistemático Diferencia* /desviación estándar
<i>Intraobservador</i>			
Investigador 1	0,96 (0,92-0,97)	469,9	-16,2/46,9
Investigador 2	0,91 (0,84-0,95)	437,1	-24,8/71
<i>Interobservador</i>			
Medición 1	0,86 (0,74-0,92)	443,2	37/82,7
Medición 2	0,87 (0,78-0,92)	463,8	28,4/88,9

* Resultado de la diferencia en kPa entre el valor medio de la primera y segunda medición para el estudio intraobservador, y de la diferencia entre el investigador 1 y 2 para el estudio interobservador.

Tabla 3 Evolución de los valores de microindentación en los 3 puntos de estudio después de un año de la intervención

	BMS punta vástago Media (desviación estándar)	BMS diáfisis tibial	BMS tibia contralateral
Preoperatorio	75,4 (6,3)	81,8 (7,0)	78,2 (7,5)
12 meses del postoperatorio	73,4 (5,2)	79,8 (5,7)	78,5 (5,0)
Diferencial	2,06 (5,3)	1,98 (5,5)	-0,3 (3,7)
Significación de p	0,11	0,13	0,7

Díez-Pérez et al.⁶ en su trabajo utilizando el mismo indentador a nivel tibial, observaron diferencias significativas comparando un grupo de 20 pacientes con fractura osteoporótica respecto a un grupo control sin osteoporosis. En la misma línea, Güerri-Fernández et al.²¹ no observaron diferencias significativas en los valores de microindentación tibial cuando compararon un grupo de pacientes que habían sufrido una fractura osteoporótica proximal de fémur, con los que habían recibido tratamiento a largo plazo con bifosfonatos, y habían sufrido una fractura atípica diafisaria asociada a este tratamiento, indicando que la microindentación detectaba un deterioro de las propiedades materiales del hueso no identificada por la densitometría. En nuestra serie, el hecho de estudiar una complicación que clínicamente solo apareció en el 10% de los casos repercutió probablemente en los resultados globales. Otra posible explicación para justificar la ausencia de cambios en las propiedades materiales del hueso cortical externo se podría explicar por el hecho de que los cambios microestructurales se produjeran de forma más significativa en la zona interna del hueso cortical que contacta con el vástago, y no tanto en superficie. No obstante, en base a los resultados obtenidos en este grupo preliminar no se puede recomendar la utilización de esta técnica para el diagnóstico y la detección

de pacientes de riesgo para presentar dolor en punta de vástago tibial.

Limitaciones del estudio

Uno de los puntos débiles del estudio de correlación preliminar fue la imposibilidad de realizar la medición de forma ciega por parte del investigador, ya que para realizar el incremento de presión a un ritmo de 20 kPa/s se requería observar la pantalla del algómetro y, por tanto, la medición no era ciega.

En segundo lugar, la toma de mediciones a 13,5 cm de la interlínea articular se basó en la longitud fija de 100 mm del vástago tibial, y a un componente tibial de 25 mm. No obstante, diferentes grosores de polietileno o bien la utilización de *offset* para el vástago podían modificar sensiblemente la distancia entre la interlínea articular y la punta del vástago.

En cuanto al grupo prospectivo, otra limitación a tener en cuenta es el hecho de haber estudiado una complicación con una incidencia relativamente baja con un grupo reducido de pacientes. Probablemente un aumento en el tamaño de la muestra ayudaría a precisar con mayor exactitud los resultados obtenidos.

Tabla 4 Evolución de los valores de algometría en kPa en los 3 puntos de estudio después de un año de la intervención

	Tibia con vástago tibial*	Tibia contralateral*	Subclavicular*
Diferencia media	9,9	0,235	29,4
Desviación estándar	120,4	136,6	170,4
Significación de p	0,6	0,9	0,3

* Diferencial entre los valores preoperatorios y el control anual.

Conclusiones

La algometría de presión presentó una excelente correlación intra- e interobservador aplicada sobre la diáfisis tibial y fue tan útil en la medición del dolor en punta de vástago como las escalas de EVA o funcional. La microindentación ósea no resultó ser una técnica útil en la identificación de los pacientes de riesgo para presentar dolor en punta de vástago tibial.

Nivel de evidencia

Nivel de evidencia II.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes y que todos los pacientes incluidos en el estudio han recibido información suficiente y han dado su consentimiento informado por escrito para participar en dicho estudio.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Financiación

Este proyecto fue becado por la Sociedad Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología (SECOT) en los Proyectos de Investigación de la Fundación SECOT del año 2011. Los resultados del estudio fueron ya presentados en el último Congreso SECOT 2013 celebrado en Barcelona.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

A la Fundación SECOT por el patrocinio del estudio a través de una ayuda a Proyectos de Investigación del año 2011.

A Sergi Mojal, por el asesoramiento y análisis estadístico del estudio.

Bibliografía

- Ranawat VS, Atkinson HD, Paterson RS. Tibial stem tip pain in stemmed revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2012;27:15805-7.
- Glenn JC, Sokoloski SN, Damer BM, Tabit JM. Tibia pain at end of stem with stemmed revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2010;25:497.e1-5.
- Barrack RL, Rorabeck C, Burt M, Sawhney J. Pain at the end of the stem after revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Rel Res*. 1999;367:216-25.
- Barrack R, Stanley T, Burt M, Hopkins S. The effect of stem design on end-of-stem pain in revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2004;19:119-24.
- Completo A, Fonseca F, Simoes JA, Ramos A, Relvas C. A new press-fit stem concept to reduce the risk of end-of-stem pain at revision TKA: A pre-clinical study. *Knee*. 2012;19:537-42.
- Diez-Pérez A, Güerri-Fernández RC, Nogués X, Cáceres E, Peña MJ, Mellibovsky L, et al. Microindentación for in vivo measurement of bone tissue mechanical properties in humans. *J Bone Miner Res*. 2010;25:1877-85.
- Parsley B, Sugano B, Bertolusso R, Conditt M. Mechanical alignment of tibial stems in revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2003;18:33-6.
- Whaley A, Trousdale R, Rand J, Hanssen A. Cemented long-stem revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2003;18:592-9.
- Peters C, Erickson J, Kloepper R, Mohr A. Revision total knee arthroplasty with modular components inserted with metaphyseal cement and stems without cement. *J Arthroplasty*. 2005;20:302-8.
- Keele KD. Pain-sensitivity tests; the pressure algometer. *Lancet*. 1954;266:636-9.
- Walton D, Macdermid J, Nielson W, Teasell R, Nailor T, Maheu P. A descriptive study of pressure pain threshold at 2 standardized sites in people with acute or subacute neck pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2011;41:651-7.
- Van Wilgen P, van der Noord R, Zwerver J. Feasibility and reliability of pain pressure threshold measurements in patellar tendinopathy. *J Sci Med Sport*. 2011;14:477-81.
- Fredberg U, Bolvig L, Pfeiffer-Jensen M, Clemmensen D, Jakobsen BW, Stengaard-Pedersen K. Ultrasonography as a tool for diagnosis, guidance of local steroid injection and, together with pressure algometry, monitoring of the treatment of athletes with chronic jumper's knee and Achilles tendinitis: A randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Scand J Rheumatol*. 2004;33:94-101.
- Nussbaum E, Downes L. Reliability of clinical pressure-pain algometric measurements obtained on consecutive days. *Phys Ther*. 1998;78:160-9.
- Fleiss JL, Levin B, Paik MC. Statistical methods for rates and proportions. 3.^a ed. Hoboken, NJ: John Wiley&Sons; 2003.
- Farasyn AD, Meeusen R, Nijs J. Validity of cross-friction algometry procedure in referred muscle pain syndromes: preliminary results of a new referred pain provocation technique with the aid of a Fischer pressure algometer in patients with nonspecific low back pain. *Clin J Pain*. 2008;24:456-62.
- Chesterton LS, Sim J, Wright CC, Foster NE. Interrater reliability of algometry in measuring pressure pain thresholds in healthy humans, using multiple raters. *Clin J Pain*. 2007;23:760-6.
- Antonaci F, Sand T, Lucas GA. Pressure algometry in healthy subjects: Inter-examiner variability. *Scand J Rehabil Med*. 1998;30:3-8.
- Lunn TH, Kristensen BB, Gaarn-Larsen L, Kehlet H. Possible effects of mobilisation on acute post-operative pain and nociceptive function after total knee arthroplasty. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2012;56:1234-40.
- Fisher A. Pressure threshold meter: Its use for quantification of tender spots. *Arch Phys Med Rehabil*. 1986;67:836-8.
- Güerri-Fernández RC, Nogués X, Quesada-Gómez JM, Torres del Pliego E, Puig L, García-Giralt N, et al. Microindentation for in vivo measurement of bone tissue material properties in atypical femoral fracture patients and controls. *J Bone Miner Res*. 2013;28:162-8.