



ORIGINAL

Tratamiento quirúrgico de fractura subcapital de cadera no desplazada: Femoral Neck System vs. tornillos canulados. Estudio comparativo

P. Lalueza-Andreu^{a,*}, Á. Martínez-García^b, P. Checa-Betegón^b,
J. García-Coiradas^b, J.A. Valle-Cruz^c y F. Marco-Martínez^d

^a Cirugía Ortopédica y Traumatología, Hospital Clínico San Carlos, Madrid, España

^b Cirugía Ortopédica y Traumatología, Unidad de Traumatología Compleja, Hospital Clínico San Carlos, Madrid, España

^c Cirugía Ortopédica y Traumatología, Jefatura de la Unidad de Traumatología Compleja, Hospital Clínico San Carlos, Madrid, España

^d Jefatura de Servicio del Departamento de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Hospital Clínico San Carlos, Madrid, España

Recibido el 16 de septiembre de 2024; aceptado el 26 de septiembre de 2024

Disponible en Internet el 1 de octubre de 2024

PALABRAS CLAVE

Femoral Neck System;
Tornillos canulados;
Fractura de cadera;
Fractura subcapital;
Fractura de cuello
femoral;
Estabilidad;
Complicaciones;
Osteosíntesis;
Fijación.

Resumen

Objetivo: El objetivo de este estudio es comparar los resultados del uso del dispositivo Femoral Neck System (FNS) (DePuy Synthes®) frente al empleo de tornillos canulados (TC) en el tratamiento quirúrgico de fracturas subcapitales de cadera no desplazadas.

Material y métodos: Se realizó un estudio de cohortes retrospectivo sobre fracturas subcapitales de cadera no desplazadas tratadas con TC o con FNS entre los años 2020 y 2023, con un seguimiento mínimo de un año. Se incluyeron 28 pacientes, 14 tratados con TC y 14 con FNS. Se estudiaron variables demográficas, radiológicas, y resultados clínicos y funcionales.

Resultados: En el grupo TC, el 64% fueron varones con una edad media de 66,5 años (DE 14,9) y un seguimiento medio de 22 meses (rango 12-36 meses). En el grupo FNS, el 57% fueron varones, con una mediana de edad de 60,8 años (DE 13,78) y un seguimiento medio de 16 meses (rango 12-24 meses).

En relación con los resultados funcionales, no se encontraron diferencias significativas entre FNS y TC en la escala de Harris: $94,21 \pm 11,55$ para FNS y $96,50 \pm 6,9$ para TC ($p=0,618$).

Las complicaciones postoperatorias totales (FNS/TC) fueron 7,1% frente a 43%, y el fracaso del implante con conversión a PTC fue 0% frente a 43%, siendo significativamente superiores en el grupo de tornillos canulados ($p=0,047$; $p=0,016$, respectivamente). El FNS también presentó una menor tasa de necrosis avascular (0% frente a 11,1%, $p=0,391$) y pseudoartrosis (0% frente a 20%, $p=0,163$), aunque sin alcanzar significación estadística.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: pedrolalueza@gmail.com (P. Lalueza-Andreu).

Conclusiones: Aunque ambos métodos de tratamiento, los tornillos canulados y el sistema FNS, mostraron resultados funcionales similares a corto plazo en el manejo de fracturas subcapitales no desplazadas de cadera, el FNS presentó una tasa significativamente menor de complicaciones y reintervenciones. Estos resultados sugieren que el sistema FNS podría considerarse una opción más segura y efectiva en comparación con los tornillos canulados.

© 2024 Publicado por Elsevier España, S.L.U. en nombre de SECOT. Este es un artículo Open Access bajo la CC BY-NC-ND licencia (<http://creativecommons.org/licencias/by-nc-nd/4.0/>).

KEYWORDS

Femoral Neck System;
Cannulated screws;
Hip fracture;
Subcapital fracture;
Femoral neck
fracture;
Stability;
Complications;
Osteosynthesis;
Fixation

Surgical treatment of non-displaced subcapital hip fracture: Femoral Neck System vs. cannulated screws. Comparative study

Abstract

Objective: The objective of this study is to compare the outcomes of using the Femoral Neck System (FNS) (DePuy Synthes®) versus the use of cannulated screws (CS) in the surgical treatment of non-displaced subcapital hip fractures.

Materials and methods: A retrospective cohort study was conducted on non-displaced subcapital hip fractures treated with CS or FNS between 2020 and 2023, with a minimum follow-up of one year. A total of 28 patients were included, 14 treated with CS and 14 with FNS. Demographic, radiological, clinical, and functional variables were analyzed.

Results: In the CS group, 64% were male, with a mean age of 66.5 years (SD 14.9) and an average follow-up of 22 months (range, 12-36 months). In the FNS group, 57% were male, with a median age of 60.8 years (SD 13.78) and an average follow-up of 16 months (range, 12-24 months).

Regarding functional outcomes, no significant differences were found between FNS and CS in the Harris scale: 94.21 ± 11.55 for FNS and 96.50 ± 6.9 for CS ($p = 0.618$).

The total postoperative complications (FNS/CS) were 7.1% versus 43%, and implant failure with conversion to total hip replacement was 0% versus 43%, both significantly higher in the CS group ($p = 0.047$; $p = 0.016$, respectively). The FNS also presented a lower rate of avascular necrosis (0% versus 11.1%, $p = 0.391$) and nonunion (0% versus 20%, $p = 0.163$), although these differences did not reach statistical significance.

Conclusions: Although both treatment methods, cannulated screws and the FNS, showed similar short-term functional outcomes in the management of undisplaced subcapital femoral fractures, the FNS demonstrated a significantly lower rate of complications and reoperations. These results suggest that the FNS could be considered a safer and more effective option compared to cannulated screws.

© 2024 Published by Elsevier España, S.L.U. on behalf of SECOT. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

La osteosíntesis es el tratamiento quirúrgico de elección en las fracturas subcapitales o de cuello femoral no desplazadas (Garden I y II), ya que preserva la articulación nativa del paciente, lo que se traduce en una mejor movilidad y función de la cadera a largo plazo¹⁻³.

Actualmente, la síntesis con tres tornillos canulados (TC) es el patrón de oro de tratamiento en las fracturas subcapitales de cadera no desplazadas⁴. Los tornillos canulados proporcionan una fijación inicial adecuada y son comúnmente utilizados debido a su fácil disponibilidad, bajo coste y tratarse de un método poco invasivo. Aunque la distribución de cargas que ofrecen los TC sea uniforme, a veces no es suficiente para evitar el desplazamiento de la fractura. De hecho, la tasa de complicaciones de los TC alcanza el 36% en algunos estudios⁵, entre las que destacan la necrosis avascular, debido al compromiso de vascularización de la cabeza femoral. Se han reportado casos de no unión o mal unión de la fractura, debido a la falta

de compresión adecuada en el sitio de la fractura y los micromovimientos generados durante el proceso de consolidación, así como fallos de implante y acortamiento de cuello femoral^{6,7} lo que en su conjunto ha llevado a la búsqueda de nuevos implantes para disminuir dichas complicaciones.

El Femoral Neck System (FNS) (DePuy Synthes®) es una alternativa como método de osteosíntesis en fracturas subcapitales de cadera (fig. 1). Aunque ha demostrado superioridad mecánica sobre los implantes tradicionales en estudios anatómicos, es crucial evaluar la seguridad y establecer los resultados de este nuevo implante en el paciente. Son pocos los estudios que analizan los resultados clínicos tratando de determinar si se trata de una alternativa superior a los TC para manejar fracturas subcapitales de cadera no desplazadas en adultos⁸⁻¹⁰.

El objetivo del presente estudio es comparar los resultados funcionales y las complicaciones tras el tratamiento quirúrgico mediante TC y FNS de las fracturas subcapitales de cadera no desplazadas.



Figura 1 Se muestran dos ejemplos radiográficos de síntesis con TC que han sufrido necrosis avascular (izquierda) y acortamiento de cuello femoral y movilización del implante (derecha).

Material y métodos

Diseño del estudio y pacientes

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética del centro (Código 24/591-O.P). Se realizó un estudio retrospectivo que incluyó pacientes con fractura subcapital de cadera no desplazada o impactada en valgo (Garden I o Garden II), tratadas en nuestro centro entre los años 2020 y 2023. Los criterios de inclusión fueron: pacientes mayores de 18 años con fractura traumática aguda del cuello femoral, sin otras fracturas asociadas, con cirugía realizada en un máximo de 48 h y un seguimiento mínimo de 12 meses desde la cirugía.

Se incluyeron 14 pacientes intervenidos con el sistema FNS con dos orificios en la placa metafisaria (grupo FNS) y 14 pacientes intervenidos mediante tres tornillos canulados en disposición de triángulo invertido (grupo TC).

Técnica quirúrgica y manejo hospitalario

La técnica quirúrgica fue realizada siempre por un cirujano senior de la Unidad de Fracturas de nuestro centro, eligiendo una u otra técnica según la preferencia del cirujano principal, bajo anestesia intrarraquídea y en decúbito supino en mesa de tracción.

Para los pacientes del grupo FNS, primero se colocó una aguja de Kirschner antirrotatoria para mantener la reducción de la fractura. La aguja se posicionó lo más superior y lateral posible del centro del cuello femoral para evitar interferir con la colocación del perno inicial del FNS. Posteriormente, se insertó una aguja guía en dirección al cuello femoral con la asistencia de un dispositivo guía, centrándola en el cuello femoral. Tras obtener una posición satisfactoria, se colocó el perno del FNS. Una vez que la placa lateral del fémur estuvo correctamente posicionada, se insertaron 2 tornillos de bloqueo metafisario tras realizar las perforaciones guiadas. Finalmente, se insertó un tornillo antirrotación de la longitud adecuada. La posición del FNS fue confirmada

mediante fluoroscopia, y la aguja de Kirschner antirrotatoria fue retirada tras confirmar la correcta posición (fig. 2).

Para los pacientes del grupo TC, se colocaron agujas de Kirschner bajo control fluoroscópico, de manera que formaran un triángulo invertido. Una vez bien posicionadas, se introdujeron tres tornillos canulados de rosca parcial siguiendo la dirección de las agujas para fijar la fractura (fig. 3).

Tras la intervención, el paciente fue trasladado a la planta de Traumatología, realizándose una radiografía de control posquirúrgica. Todos los pacientes comenzaron a deambular al día siguiente de la cirugía.

Recogida de datos

Se registraron las características basales de los pacientes: sexo, edad, antecedente de osteoporosis, necesidad de ayudas técnicas para la deambulación, y otros antecedentes relevantes. Se clasificaron las fracturas según la clasificación de Garden. Se recopilaron variables analíticas y clínicas en el ingreso (hemoglobina pre y posquirúrgica), tiempo hasta la cirugía y tiempo total de hospitalización. Además, se registraron variables durante el seguimiento posquirúrgico: presencia de acortamiento del cuello femoral en las radiografías de control, signos radiológicos de necrosis avascular, fallo del implante (en los primeros tres meses), pseudoartrosis (a partir de los 6 meses), necesidad de extracción de material de osteosíntesis, necesidad de reintervención y complicaciones totales. Finalmente, se recogieron variables al final del seguimiento de cada paciente: meses de seguimiento, presencia de dolor inguinal, balance articular, necesidad de ayudas técnicas para la deambulación y el resultado funcional medido mediante el Harris Hip Score modificado a los 6 meses.

Métodos estadísticos

El análisis estadístico se realizó mediante el software SPSS 20.0 (IBM, Armonk, NY, EE. UU.). Las variables cuantitativas

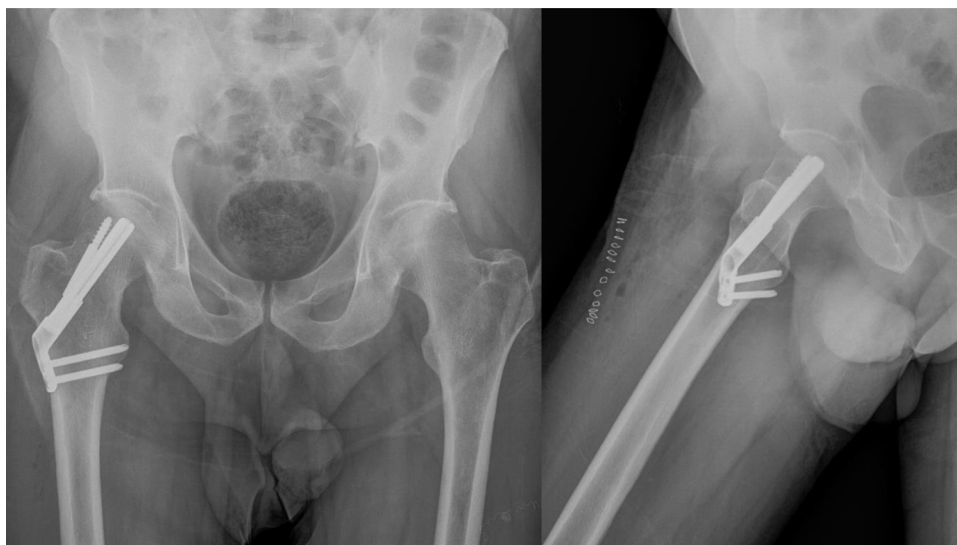


Figura 2 Varón de 52 años que sufre fractura de cadera derecha no desplazada, fijada con sistema FNS con dos tornillos en placa metafisaria.



Figura 3 Mujer de 74 años que sufre fractura de cadera derecha no desplazada, fijada con tornillos canulados (TC) en disposición de triángulo invertido.

se describieron como medias y desviaciones estándar para las distribuciones normales, o como mediana y rangos intercuartílicos (p50 [p25, p75]) para distribuciones no normales. Las comparaciones se realizaron mediante las pruebas t de Student y U de Mann-Whitney. Los datos categóricos se describieron como frecuencias absolutas (n) y porcentajes (%), y las comparaciones se realizaron mediante la prueba de chi-cuadrado. Se consideró un valor p estadísticamente significativo cuando fue menor a 0,05.

Resultados

En el grupo de fijación con tornillos canulados (grupo TC) el 36% fueron varones y el 64% mujeres y la edad media fue de

66,5 años (DE 14,9); en el grupo de fijación con FNS (grupo FNS) el 57% fueron varones y el 43% mujeres y la edad media fue de 60,85 años (DE 13,78). En el grupo TC, el 36% de los pacientes presentaban diagnóstico de osteoporosis previo a la fractura ($DMO < -2,5$ DE) y en el grupo FNS el 21%.

Del grupo TC, el 50% de las fracturas fueron tipo Garden I y 50% Garden II mientras que en el grupo FNS el 21% fueron Garden I y el 79% Garden II.

La cirugía en todos los casos se realizó en las primeras 48 h desde el diagnóstico de la fractura. El tiempo promedio de seguimiento en el grupo TC fueron 22 meses (rango 12-36 meses), y en el grupo FNS fueron 16 meses (rango 12-24 meses).

Las variables demográficas quedan recogidas en la [tabla 1](#).

Tabla 1 Características demográficas de ambos grupos de estudio

	Tornillos canulados (n = 14)	Femoral Neck System (n = 14)	Valor p
Sexo	n = 5 (36%) varón, n = 9 (64%) mujer	n = 8 (57%) varón, n = 6 (43%) mujer	0,256
Edad media	66,50 años (14,9)	60,85 años (13,78)	0,308
Osteoporosis (DMO < -2,5 DE)	n = 5 (36%)	n = 3 (21%)	0,678
Clasificación de Garden	n = 7 (50%) tipo I, n = 7 (50%) tipo II	n = 3 (21%) tipo I, n = 11 (79%) tipo II	0,161
Tiempo seguimiento	22 meses (16-26)	16 meses (14-20)	0,271

Tabla 2 Comparación de las variables estudiadas entre ambos grupos, y su significación estadística

	Tornillos canulados (n = 14)	Femoral Neck System (n = 14)	Valor p
Pérdida hemática (Hb)	1,2 g/dL (0,825-1,975)	1,6 g/dL (0,8-2,725)	0,571
Complicaciones postoperatorias totales	42,9%	7,1%	0,047
Acortamiento cuello femoral	11,1%	7,1%	1
Necrosis avascular	11,1%	0%	0,391
Seudoartrosis cuello femoral	20%	0%	0,163
Reconversión a PTC en 6 meses por complicaciones	42,9%	0%	0,016
Dolor inguinal residual	42,9%	37,5%	0,98
Balance articular completo	85,7%	87,5%	0,98
Escala Harris Hip Score	94,21 (11,55)	96,50 (6,9)	0,618

FNS presentó un 7,1% de complicaciones totales postoperatorias frente al 42,9% de TC al final de seguimiento ($p = 0,047$). Ningún paciente con FNS precisó posterior conversión a PTC en los primeros seis meses frente al 42,9% de TC ($p = 0,016$).

El resto de variables no mostraron diferencias significativas (TC frente FNS): necrosis avascular de la cabeza femoral (fig. 3) (0% frente 11,1%; $p = 0,391$); seudoartrosis cuello femoral (0% frente 20%; $p = 0,163$); dolor inguinal residual (42,9% frente 37,5%, $p = 0,98$); balance articular completo (85,7% frente 87,5%, $p = 0,98$); pérdida hemática o diferencia (medido en niveles de hemoglobina g/dl) previa y posterior a la cirugía (mediana 1,6 g/dl frente mediana 1,2 g/dl; $p = 0,571$) y presencia de acortamiento del cuello femoral en las radiografías de seguimiento (7,1% frente 11,1%; $p = 1$).

En los resultados funcionales no se encontraron diferencias significativas en la escala Harris Hip Score Modificada: FNS media de 94,21 (DE 11,55) frente TC media de 96,50 (DE 6,9); $p = 0,618$.

Un resumen de las variables medidas y su significación estadística queda recogido en la [tabla 2](#).

Discusión

La fijación interna de una fractura subcapital de cadera no desplazada con tres tornillos canulados ofrece varias ventajas como una agresión de partes blandas mínima, buenos resultados funcionales en el seguimiento a corto y medio plazo y un bajo coste asociado, además de una fácil disponibilidad del material, por ello se convirtió en la técnica más común de tratamiento^{11,12}.

Sin embargo, diferentes estudios⁵⁻⁷ han demostrado una alta tasa de complicaciones relacionada con este implante. Al comparar diferentes sistemas de fijación, se ha demos-

trado que el implante con tornillos canulados tiene menos resistencia global a la fuerza de cizallamiento superoinferior en el extremo de la fractura, lo que lleva a desplazamientos de la síntesis¹³. También se ha demostrado que la fuerza axial y los ciclos de carga hasta el fallo soportados por un sistema de fijación con TC es menor¹⁴. Este fallo del implante conlleva notables complicaciones para el paciente como seudoartrosis, necrosis avascular, fractura periimplante o acortamiento del cuello femoral impactando negativamente en el resultado funcional del paciente y pudiendo conllevar reintervenciones y una conversión a artroplastia total de cadera¹⁵.

Estudios recientes^{5,8,9} sugieren que el tratamiento con el nuevo implante FNS podría proporcionar una mayor estabilidad biomecánica que el uso de los tornillos canulados, ofreciendo una mejoría en la estabilidad rotacional y angular de la fijación, reduciendo así la tasa de complicaciones asociada y la necesidad de reintervención. Stoffel et al. compararon el comportamiento biomecánico que tenía el sistema FNS frente a tres tornillos canulados en fracturas con un trazo vertical, demostrando una menor tasa de acortamiento de cuello femoral y un mayor soporte de ciclos de carga hasta fallo de implante¹⁶. El implante FNS mostró una mayor estabilidad, disminuyendo la distancia de deslizamiento interfragmentario, así como la tensión de compresión y corte del mismo cuando se colocaba la punta del perno del implante en posición subcondral en lugar de centrado en la cabeza femoral¹⁷.

La pérdida hemática fue levemente inferior en el grupo TC frente al grupo FNS. Yan et al.¹⁰, en su trabajo en el año 2021, así como otros autores¹⁸⁻²¹, mostraron una pérdida hemática significativamente menor en el grupo TC. Esto podría explicarse porque en la técnica FNS requiere de una incisión generalmente más grande, alrededor de 4-5 cm para poder insertar la placa²², mientras que en la técnica TC esta incisión es menor, alrededor de 2,7 cm²³. Este parámetro

no se tradujo en complicaciones médicas posteriores para los pacientes de nuestra serie ni para los incluidos en los estudios reflejados en la bibliografía.

Las complicaciones postoperatorias en tiempo total de seguimiento fueron un importante indicador de la seguridad con ambos métodos de fijación. Nuestro estudio mostró superioridad del FNS frente a TC comparando el número de complicaciones totales o de fallo del implante con posterior conversión a PTC en los primeros 6 meses. Los grupos de Yan et al.¹⁰, y otros autores²⁴⁻²⁶ mostraron resultados similares. De este modo estos resultados tanto en la literatura como en nuestro estudio parecen demostrar que la superioridad mecánica del FNS se traduce en una menor tasa de complicaciones mecánicas y fallo de implante.

Estudios previos describen un porcentaje de no unión de la fractura del cuello femoral fijada con TC de un 19%, mientras que la tasa de no unión de la fractura tratada con fijadores internos que aportan una estabilidad angular fue del 8%^{27,28}. En nuestro estudio no encontramos diferencias significativas al comparar ambos grupos en cuanto a la aparición de pseudoartrosis del cuello femoral. Yan et al.¹⁰, Hu et al.¹⁹, Zhou et al.²¹ o Zhang et al.²⁶ tampoco demostraron diferencias al comparar esta variable. Esto puede explicarse por un menor número de pacientes involucrados en el estudio.

Finalmente, se apreció una tendencia favorable en la escala Harris Hip Score en el grupo FNS frente al grupo TC. Tanto Tang et al.²⁵, como Hu et al.¹⁹ han reportado anteriormente puntuaciones medias en la escala Harris Hip Score para la fijación FNS mayores que la fijación con TC, esto quizá es debido a que los pacientes que desarrollaron complicaciones, que fueron mayores en el grupo de TC, resultaban decisivos en la comparación de puntuación de la escala.

Las principales limitaciones de nuestro estudio fueron el escaso tamaño muestral, que era limitado por el tiempo de implantación del FNS en nuestro centro, el carácter retrospectivo del mismo y por lo tanto la ausencia de aleatorización de los tratamientos, el tiempo de seguimiento que puede limitar la detección de complicaciones a largo plazo y resultó ser diferente para ambos grupos, y la presencia de más de un cirujano en la realización de las técnicas quirúrgicas.

Conclusión

Aunque ambos métodos de tratamiento, los tornillos canulados y el sistema FNS mostraron resultados funcionales similares a corto plazo en el manejo de fracturas subcapitales no desplazadas de cadera, el FNS presentó una tasa significativamente menor de complicaciones y reintervenciones. Estos resultados sugieren que el sistema FNS podría considerarse una opción más segura y efectiva en comparación con los tornillos canulados. Sin embargo, es fundamental llevar a cabo estudios adicionales aleatorizados y con un seguimiento prolongado para validar estos hallazgos y evaluar su aplicabilidad a largo plazo en la práctica clínica.

Nivel evidencia

Nivel evidencia IV.

Financiación

No se ha requerido ningún tipo de financiación para realizar este estudio.

Consideraciones éticas

Este estudio no ha requerido experimentación con animales o humanos y cuenta con la aprobación del Comité de Ética del Clínico San Carlos de Madrid.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Frihagen F, Nordsletten L, Madsen JE. Hemiarthroplasty or internal fixation for intracapsular displaced femoral neck fractures: randomised controlled trial. *BMJ*. 2007;335:1251-4.
2. Parker MJ, White A, Boyle A. Fixation versus hemiarthroplasty for undisplaced intracapsular hip fractures. *Injury*. 2008;39:791-5.
3. Medda S, Snoap T, Carroll EA. Treatment of Young Femoral Neck Fractures. *J Orthop Trauma*. 2019;33:S1-6.
4. Duffin M, Pilson HT. Technologies for Young Femoral Neck Fracture Fixation. *J Orthop Trauma*. 2019;33:S20-6.
5. Lu Y, Huang Z, Xu Y, Huang Q, Ren C, Li M, et al. Femoral neck system versus cannulated screws for fixation of femoral neck fracture in young adults: a systematic review and meta-analysis. *Am J Transl Res*. 2022;14:5480.
6. Fixation using Alternative Implants for the Treatment of Hip fractures (FAITH) Investigators. Fracture fixation in the operative management of hip fractures (FAITH): an international, multicentre, randomised controlled trial. *Lancet*. 2017;389:1519-27.
7. Yang JJ, Lin LC, Chao KH, Chuang SY, Wu CC, Yeh TT, et al. Risk factors for nonunion in patients with intracapsular femoral neck fractures treated with three cannulated screws placed in either a triangle or an inverted triangle configuration. *J Bone Jt Surg*. 2013;95:61-9.
8. Lin H, Lai C, Zhou Z, Wang C, Yu X. Femoral Neck System vs. four cannulated screws in the treatment of Pauwels III femoral neck fracture. *J Orthop Sci*. 2023;28:1373-8.
9. Yan SG, Cui Y, Li D, Liu F, Hua X, Schmidutz F. Femoral Neck System versus Three Cannulated Screws for Fixation of Femoral Neck Fractures in Younger Patients: A Retrospective Cohort Study. *J Investig Surg*. 2023;36, 2266752.
10. Yan C, Wang X, Xiang C, Jiang K, Li Y, Chen Q, et al. Comparison of effectiveness of femoral neck system and cannulate compression screw in treatment of femoral neck fracture in young and middle-aged patients. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2021;35:1286-92.
11. Florschütz AV, Langford JR, Haidukewych GJ, Koval KJ. Femoral neck fractures: Current management. *J Orthop Trauma*. 2015;29:121-9.
12. Lutnick E, Kang J, Freccero DM. Surgical Treatment of Femoral Neck Fractures: A Brief Review. *Geriatr*. 2020;5:22.
13. Samsami S, Augat P, Rouhi G. Stability of femoral neck fracture fixation: A finite element analysis. *Proc Inst Mech Eng H*. 2019;233:892-900, <http://dx.doi.org/10.1177/0954411919856138>.
14. Johnson JP, Borenstein TR, Waryasz GR, Klinge SA, McClure PK, Chambers AB, et al. Vertically Oriented Femoral Neck Fractures:

- A Biomechanical Comparison of 3 Fixation Constructs. *J Orthop Trauma*. 2017;31:363–8.
15. Kain MS, Marcantonio AJ, Iorio R. Revision Surgery Occurs Frequently After Percutaneous Fixation of Stable Femoral Neck Fractures in Elderly Patients. *Clin Orthop Relat Res*. 2014;472:4010.
16. Stoffel K, Zderic I, Gras F, Sommer C, Eberli U, Mueller D, et al. Biomechanical Evaluation of the Femoral Neck System in Unstable Pauwels III Femoral Neck Fractures: A Comparison with the Dynamic Hip Screw and Cannulated Screws. *J Orthop Trauma*. 2017;31:131–7.
17. Jung CH, Cha Y, Yoon HS, Park CH, Yoo JI, Kim JT, et al. Mechanical effects of surgical variations in the femoral neck system on Pauwels type III femoral neck fracture. *Bone Jt Res*. 2022;11:102–11.
18. Ren C, Ma T, Li M, Xu Y, Li Z, Sun L, et al. Short-term clinical efficacy of femoral neck system for treatment of femoral neck fractures in young and middle-aged patients. *Chinese J Orthop Trauma*. 2021. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/wpr-910039>.
19. Hu H, Cheng J, Feng M, Gao Z, Wu J, Lu S. Clinical outcome of femoral neck system versus cannulated compression screws for fixation of femoral neck fracture in younger patients. *J Orthop Surg Res*. 2021;16:370.
20. Yang Y, Ma T, Zhang X, Luo X, Fan T, Wang Y, et al. Short-term effectiveness of femoral neck system in the treatment of femoral neck fracture. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2021;35:539–43.
21. Zhou XQ, Li ZQ, Xu RJ, She YS, Zhang XX, Chen GX, et al. Comparison of Early Clinical Results for Femoral Neck System and Cannulated Screws in the Treatment of Unstable Femoral Neck Fractures. *Orthop Surg*. 2021;13:1802–9.
22. Stassen RC, Jeuken RM, Boonen B, Meesters B, de Loos ER, van Vugt R. First clinical results of 1-year follow-up of the femoral neck system for internal fixation of femoral neck fractures. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2022;142:3755–63.
23. Lee YS, Chen SH, Tsuang YH, Huang HL, Lo TY, Huang CR. Internal fixation of undisplaced femoral neck fractures in the elderly: a retrospective comparison of fixation methods. *J Trauma*. 2008;64:155–62.
24. He C, Lu Y, Wang Q, Ren C, Li M, Yang M, et al. Comparison of the clinical efficacy of a femoral neck system versus cannulated screws in the treatment of femoral neck fracture in young adults. *BMC Musculoskele Disord*. 2021;22:1–8.
25. Tang Y, Zhang Z, Wang L, Xiong W, Fang Q, Wang G. Femoral neck system versus inverted cannulated cancellous screw for the treatment of femoral neck fractures in adults: a preliminary comparative study. *J Orthop Surg Res*. 2021;16:1–8.
26. Zhang Y, Lin Y, Li C, Yue XJ, Li GY, Wang B, et al. A Comparative Analysis of Femoral Neck System and Three Cannulated Screws Fixation in the Treatment of Femoral Neck Fractures: A Six-Month Follow-Up. *Orthop Surg*. 2022;14:686–93.
27. Samsami S, Saberi S, Sadighi S, Rouhi G. Comparison of three fixation methods for femoral neck fracture in young adults: Experimental and numerical investigations. *J Med Biol Eng*. 2015;35:566–79.
28. Weil YA, Qawasmi F, Liebergall M, Mosheiff R, Khoury A. Use of fully threaded cannulated screws decreases femoral neck shortening after fixation of femoral neck fractures. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2018;138:661–7.