

Daño condral durante la inserción de tornillos intramedulares en la fijación de fracturas de falange proximal: un modelo cadáverico que compara diferentes métodos

Chondral damage during intramedullary screw insertion in proximal phalangeal fracture fixation: a cadaveric model comparing different constructs

Uriel Alexander Ortega López,* George Benjamín Edgar Sánchez de la Barquera,‡
Michael Robert Hausmann,§ María Cristina Rodríguez Ricardo,¶ Daniela Vergara,||
Humberto León Soto,** Antonio Bergua‡‡

Citar como: Ortega LUA, Sánchez BGBE, Hausmann MR, Rodríguez RMC, Vergara D, León SH et al. Daño condral durante la inserción de tornillos intramedulares en la fijación de fracturas de falange proximal: un modelo cadáverico que compara diferentes métodos. Acta Med GA. 2025; 23 (3): 258-264. <https://dx.doi.org/10.35366/119953>

Resumen

Introducción: las fracturas de falange (FP) son las segundas fracturas más comunes en el miembro superior después de las fracturas de radio distal (DRF). La fijación intramedular de las fracturas de las falanges proximales es actualmente muy atractiva. Sin embargo, el daño condral sigue siendo motivo de preocupación; el objetivo de este estudio es medir el defecto condral después de la fijación intramedular con diferentes técnicas y tornillos. **Material y métodos:** se realizó un estudio transversal, experimental y analítico, incluyendo nueve cadáveres. Se fracturó la falange proximal desde el dedo índice hasta el meñique de ambas manos, se colocaron en total 96 tornillos combinando con diferentes técnicas, se utilizaron tornillos de 2.4 y 1.8 mm. **Resultados:** tornillos de mayor diámetro causaron mayor daño condral, 6.84 vs 11.96% con los tornillos de 1.8 y 2.4 mm respectivamente. La técnica transarticular causa mayor daño condral en comparación con la técnica intraarticular, ya sea con la colocación de un solo tornillo ($p = 0.00$) o de ambos tornillos ($p = 0.0018$). **Conclusiones:** la colocación de tornillos intramedulares mediante la técnica intraarticular parece producir menos daño condral. El daño se puede

Abstract

Introduction: phalanx fractures (FP) are the second most common fractures in the upper limb after distal radius fractures (DRF). Intramedullary fixation of proximal phalangeal fractures is currently very attractive. However, chondral Damage remains a concern; The objective of this study is to measure the chondral defect after intramedullary fixation with different techniques and screws. **Material and methods:** a cross-sectional, experimental, and analytical study was carried out, including nine corpses. The proximal phalanx was fractured from the index finger to the little finger of both hands; a total of 96 screws were placed, combining different techniques, and 2.4 mm and 1.8 mm screws were used. **Results:** larger diameter screws caused more significant chondral Damage, 6.84 vs 11.96% with 1.8 and 2.4 mm screws, respectively. The trans-articular technique causes more significant chondral Damage compared to the intra-articular technique, whether with the placement of a single screw ($p = 0.00$) or both screws ($p = 0.0018$). **Conclusions:** the placement of intramedullary screws using the intra-articular technique seems to produce less chondral Damage. Damage can be minimized using the “lever and place” technique described in our article.

* Traumatología y Ortopedia. Facultad Mexicana de Medicina, Universidad La Salle México. ORCID: 0009-0005-2932-5778

‡ Hospital Angeles Universidad. ORCID: 0000-0001-7786-9802

§ Mount Sinai Hospital NYC

¶ Hospital Serena del Mar Colombia. ORCID: 0000-0002-9794-0562

|| ORCID: 0000-0002-7038-7146

** ORCID: 0009-0004-3113-6135

‡‡ Trimed Mexico. ORCID: 0009-0005-5082-9719

Correspondencia:

Uriel Alexander Ortega López

Correo electrónico: alexortegamx@gmail.com

Recibido: 08-05-2024. Aceptado: 09-08-2024.

www.medicgraphic.com/actamedica



minimizar utilizando la técnica de “palanca y lugar” descrita en nuestro artículo.

Palabras clave: falange, fractura, traumatología, cirugía, tornillo.

Keywords: phalanx, fracture, traumatology, surgery, screw.

Abreviaturas:

FDR = fracturas de radio distal

MPJ = articulación metacarpofalángica

INTRODUCCIÓN

Las fracturas de falange son las segundas fracturas más frecuentes en el miembro superior después de las fracturas de radio distal (FDR), arrojando una incidencia anual de 12.5 fracturas de falange por cada 10,000 personas y superando a las FDR entre los 35 a 49 años de edad, siendo el tipo de fractura más común en este grupo en EE. UU. según un estudio de visitas al departamento de urgencias.¹ Los estudios clínicos que comparan placas y tornillos intramedulares para la fijación de fracturas de falange informan un retraso de extensión en 67% de los pacientes y una necesidad de cirugía secundaria para la extracción del implante en alrededor de 50 a 93% de los casos en los grupos de placas.^{2,3} La fijación intramedular es una alternativa menos invasiva que minimiza las adherencias tendinosas y permite una movilización más rápida de los dedos reduciendo la rigidez, no siendo posible esto último en la fijación con agujas de Kirschner.⁴

Las placas dorsales y laterales tradicionales actúan como una banda de tensión neutralizando las fuerzas de distracción dorsal y las fuerzas de compresión volar; sin embargo, éste no es el patrón de desplazamiento más común en estas fracturas.² Las fracturas en la base de la falange proximal están bajo la influencia de tendones flexores y extensores intrínsecos y largos. La inserción del tendón intrínseco en la base flexiona el fragmento proximal y los tendones flexores y extensores largos imparten una fuerza de tracción longitudinal que acorta la falange y extiende el fragmento distal, todo lo cual conduce a una deformidad volar del ápice. Los modelos cadávericos han mostrado un comportamiento biomecánico comparable e incluso superioridad del tornillo intramedular sobre las construcciones de placa dorsal y lateral.^{5,6}

Desde 2015 se han publicado series de casos y cohortes retrospectivos de fijación con tornillos intramedulares de fracturas de falange proximal que informan resultados comparables a la fijación con placa en términos de estabilidad y movilidad final,⁴ aunque favorecen la fijación con tornillos

intramedulares debido a un menor retraso de extensión en la articulación *Proximal InterPhalangeal* (PIP), de bueno a excelente en puntuaciones de la escala DASH (*Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand*), menos tiempo de baja por enfermedad y disminución de la tasa de complicaciones que requieren extracción de hardware (6 a 17%).^{2,7,8} Las técnicas transarticulares e intraarticulares han sido descritas en la literatura, como se muestra en las *Figuras 1 y 2*.

Aunque estos representan evidencia de tipo IV, la fijación intramedular de fracturas de falange proximal ha comenzado a despertar, no sin preocupaciones, interés entre los cirujanos.⁹ Inicialmente indicada en fracturas simples, su aplicación en patrones de fractura más inestables, como patrones de fractura oblicua, de fragmento de mariposa e incluso conminuta, ya ha comenzado.^{8,10} Las principales preocupaciones en torno a esta técnica son la violación del cartílago, el acortamiento en fracturas oblicuas y conminutas secundario a la compresión del tornillo, las dificultades técnicas en la reducción cerrada simultánea y la inserción de clavos y la posibilidad de proporcionar estabilidad adicional con más de un tornillo, dado el espacio disponible en estos huesos pequeños.^{9,10}

En cuanto al daño del cartílago, Borbas y colaboradores compararon técnicas anterógradas intraarticulares y transarticulares (a través de la cabeza del metacarpiano) con un solo tornillo, reportando 4.6% de daño del área de la superficie articular con un tornillo de compresión sin cabeza de 2.2 mm y 8% con uno de 3.0 mm para el abordaje intraarticular. La inserción transarticular no arrojó estadísticas con diferencia significativa en el tamaño del defecto; sin embargo, creó un defecto de beso en la cabeza del metacarpiano. No se observó daño relevante en el tendón extensor.¹¹ Del Piñal y su equipo informaron daño del cartílago de 13 a 18% para el tornillo de 2.5 mm y de 19 a 25% para el tornillo de 3.0 mm con una técnica retrógrada. A pesar de la violación del tendón extensor, sólo dos de 19 pacientes en su serie tuvieron un retraso de extensión mayor de 30° en la articulación interfalángica proximal (IFP). Las consecuencias clínicas aún no se han medido, pero la técnica intraarticular anterógrada causa el menor daño de las tres.⁸

La fijación intramedular de las fracturas de las falanges proximales es muy atractiva. Sin embargo, el daño condral



sigue siendo una preocupación, especialmente cuando se requieren construcciones que utilizan dos tornillos. No existen estudios que midan el daño del cartílago con más de un tornillo para las fracturas de falange proximal. Por tanto, el objetivo de este estudio es medir el defecto condral después de la fijación intramedular comparando uno y dos tornillos insertados mediante una técnica intraarticular anterógrada y un tornillo mediante una técnica transarticular anterógrada.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio transversal, experimental y analítico, incluyendo nueve cadáveres. Este estudio se realizó en el Instituto de Servicios Periciales y Ciencias Forenses (INCIFO) de la Ciudad de México, con número de aprobación ética CAL202103170.

La falange proximal desde el índice hasta el meñique de ambas manos fue fracturada con un mazo en nueve cadáveres. En tres cadáveres se utilizó la técnica anterógrada transarticular de tornillo único, asimismo se utilizó la técnica intraarticular en los seis cadáveres restantes, como se muestra en la *Figura 3*.

Para la técnica intraarticular, la articulación metacarpofalángica (MPJ) se flexionó de 70 a 90 grados, se realizó una incisión punzante a ambos lados del deslizamiento central del tendón extensor con una hoja de 15. Se insertó manualmente un clavo de Steinman lateral a la incisión y se utilizó para hacer palanca en la base de la falange proximal dorsalmente. Se insertó una aguja guía de 0.9 mm a través de la incisión del tendón extensor para llegar a la base de la falange y la aguja se avanzó distalmente hacia el fragmento distal. Posteriormente, se fresa de manera manual la cortical proximal, introduciéndola inicialmente en sentido contrario a las agujas del reloj para evitar daño al tendón extensor. Se colocaron alternativamente tornillos canulados anterógrados de 1.8 y 2.4 mm (clavos intramedulares roscados pequeños recortados®) en la falange proximal de cada dedo en los tres cadáveres. Después de la colocación del tornillo, se confirmó la estabilidad, se ampliaron las incisiones y se diseccionó la MPJ, exponiendo la porción articular de la base de la falange. En total se colocaron 96 tornillos de la siguiente manera:

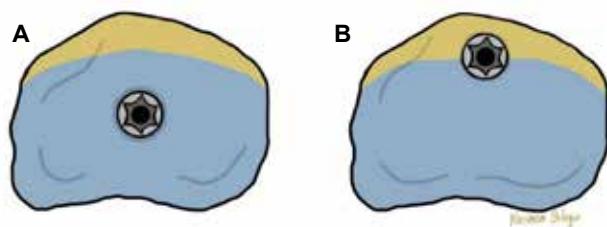


Figura 2: Representación del sitio de entrada del tornillo con la técnica trasarticular (A) e intraarticular (B).



Figura 3: Foto con escala 10 mm.

1. Veinticuatro tornillos con la técnica intraarticular con un solo tornillo: 12 de 1.8 mm en tres manos (12 dedos) y los 12 restantes de 2.4 mm en tres manos (12 dedos) (*Figura 4*).
2. Cuarenta y ocho tornillos con la técnica intraarticular con dos tornillos: 24 tornillos de 1.8 mm se insertaron en tres manos (12 dedos) y los 24 tornillos restantes de 2.4 mm se insertaron en tres manos (12 dedos) (*Figura 5*).
3. Se colocaron 24 tornillos con la técnica transarticular de un solo tornillo de la siguiente manera: 12 tornillos de 1.8 mm en tres manos (12 dedos) y los 12 restantes de 2.4 mm se colocaron en tres manos (12 dedos) (*Figura 6*).

Para medir el área dañada se utilizaron los siguientes pasos:

1. Las fotografías de disección se tomaron bajo ciertas direcciones: disparos frontales a la cabeza del tornillo junto con un instrumento de medición colocado en el mismo plano de la cabeza del tornillo como referencia. El registro de dedo y modelo cadáverico se registró en el mismo orden.
2. Las fotografías fueron exportadas a SolidWorks asegurando que la escala de la foto fuera la correcta, utilizando el instrumento de referencia (Figura 3).
3. La superficie articular, previamente marcada en el modelo, se dibujó en el plano frontal. Luego se extruyó un

dibujo de 1 mm de espesor del área paralela al plano frontal (Figura 7).

4. Se realizó un nuevo dibujo incluyendo la zona de la cabeza del tornillo, y el hueso y cartílago desplazados por la inserción del tornillo.
5. Cuando se identificaron las dos áreas, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Área dañada} = (\text{Área de la cabeza del tornillo y materiales desplazados}) / (\text{Área articular}) \times 100$$

RESULTADOS

Se utilizaron un total de 72 dedos para colocar los tornillos y se utilizaron un total de 96 tornillos.

El promedio de área dañada fue mayor con el tornillo de 2.4 mm (11.96%), como era de esperar, que con el tornillo de 1.8 mm (6.84%) en segundo y tercer dedo. El promedio de área dañada también fue mayor con el tornillo de 2.4 mm (13.43%) que con el tornillo de 1.8 mm (9.94%) en el cuarto y quinto dedo, como se muestra en la Tabla 1.

Observamos que el porcentaje promedio de área dañada en el cuarto y quinto dedo es generalmente mayor, independientemente del tamaño del tornillo utilizado, en comparación con los promedios del segundo y tercer dedo.

Se encontraron resultados similares cuando se utilizó la técnica intraarticular de dos tornillos. Observamos que el porcentaje promedio de área dañada fue mayor con el



Figura 4: Un solo tornillo insertado mediante la técnica intraarticular.



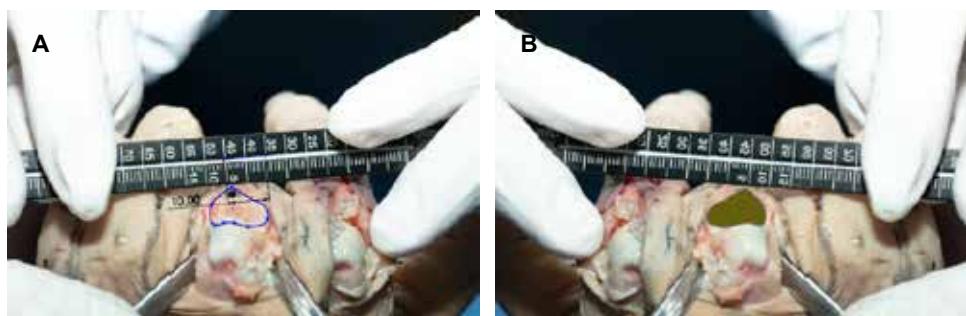
Figura 5:

Dos tornillos insertados con técnica intraarticular.



Figura 6:

Tornillo único insertado con técnica transarticular.

**Figura 7:**

- A)** Marcado de la zona articular. **B)** Extrusión de la zona marcada.

tornillo de 2.4 mm (17.59%), que y con el tornillo de 1.8 mm (14.11%) en el segundo y tercer dedo. El promedio de área dañada también fue mayor con el tornillo de 2.4 mm (21.85%) que con el tornillo de 1.8 mm (17.32%) en cuarto y quinto dedo. Como se muestra en la *Tabla 2*.

También encontramos que el porcentaje promedio de área dañada fue mayor con el tamaño más grande de tornillo con la técnica transarticular cuando se utilizó la técnica de un solo tornillo. Como se muestra en la *Tabla 3*, el porcentaje promedio de área dañada con tornillo de 2.4 mm fue de 17.30%, en comparación con el tornillo de 1.8 mm (13.89%) en el segundo y tercer dedo. El promedio de área dañada también fue mayor con el tornillo de 2.4 mm (21.19%) que con el tornillo de 1.8 mm (17.16%) en cuarto y quinto dedo.

Para el análisis bivariado se utilizó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney. Al comparar el tamaño del tornillo con el porcentaje de área dañada, encontramos que existe una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre el tornillo de 1.8 mm y el tornillo de 2.4 mm, siendo el tornillo de 2.4 mm el tamaño de mayor daño (la mayor diferencia entre los tornillos calculados) (*Tabla 4*).

También encontramos que, al comparar la técnica, existe una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre el porcentaje de área dañada cuando se utiliza la técnica intraarticular y la técnica transarticular. Existe más porcentaje de área dañada con la técnica transarticular que con la técnica intraarticular (*Tabla 5*).

Los resultados mostraron que, al comparar la técnica con un solo tornillo, también existe una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre el porcentaje de área dañada. Existe más porcentaje de área dañada con la técnica transarticular que con la técnica intraarticular (*Tabla 6*).

DISCUSIÓN

El uso de tornillos intramedulares para la fijación de fracturas se ha vuelto cada vez más común, especialmente porque los métodos de fijación como el uso de placas tienen desventajas importantes, como un retraso en la extensión de hasta 67%.³

Tabla 1: Porcentaje promedio de área dañada por dedo y tamaño de tornillo utilizado.

Dedo	% promedio
Segundo y tercero	
Tornillo de 1.8 mm	6.84
Tornillo de 2.4 mm	11.96
Cuarto y quinto	
Tornillo de 1.8 mm	9.94
Tornillo de 2.4 mm	13.43

Tabla 2: Porcentaje promedio de área dañada con técnica intraarticular de dos tornillos por dedo y tamaño de tornillo utilizado.

Dedo	% promedio
Segundo y tercero	
Tornillo de 1.8 mm	14.11
Tornillo de 2.4 mm	17.59
Cuarto y quinto	
Tornillo de 1.8 mm	17.32
Tornillo de 2.4 mm	21.85

Tabla 3: Porcentaje promedio de área dañada con técnica transarticular de un solo tornillo por dedo y tamaño de tornillo utilizado.

Dedo	% promedio
Segundo y tercero	
Tornillo de 1.8 mm	13.89
Tornillo de 2.4 mm	17.30
Cuarto y quinto	
Tornillo de 1.8 mm	17.16
Tornillo de 2.4 mm	21.19

Tabla 4: Prueba de Mann-Whitney comparando porcentaje de área dañada con tamaño de tornillo.

Tamaño de tornillo (mm)	Rango	
	Calculado-esperado	p
1.8	1,026.5-1,314.0	
2.4	1,601.5-1,314.0	0.0012

Tabla 5: Prueba de Mann-Whitney comparando porcentaje de área dañada con la técnica utilizada.

Técnica	Rango	
	Calculado-esperado	p
Intraarticular	1,491-1,752	
Transarticular	1,137-876	0.0018

Tabla 6: Prueba de Mann-Whitney comparando porcentaje de área dañada con la técnica utilizada, cuando se utiliza un solo tornillo.

Técnica	Rango	
	Calculado-esperado	p
Intraarticular	305-588	
Transarticular	871-588	0.0000

Asimismo, los alambres de Kirschner han sido utilizados como método de fijación intramedular mediante técnicas intraarticulares y transarticulares.¹² Sin embargo, el uso de estos dispositivos requiere de un segundo procedimiento para su extracción.

Las técnicas descritas para la introducción de tornillos intramedulares en falange proximal son anterógrada y retrógrada; además, se pueden colocar tornillos anterógrados intraarticular y transarticularmente.⁸

A medida que el clavado intramedular de las fracturas de la falange proximal gana adeptos, se están empezando a abordar fracturas más complejas con este método, que requieren diferentes construcciones que utilizan más de un tornillo, lo que a su vez genera preocupaciones sobre el daño del cartílago.

En nuestro estudio cuantificamos el daño articular provocado por la introducción de tornillos intramedulares con la técnica intraarticular con uno y dos tornillos, así como el daño provocado con la técnica transarticular con un tornillo.

Observamos que el daño articular está proporcionalmente relacionado con el tamaño y número de tornillos utilizados, así como con la técnica: trans o intraarticular.

La técnica transarticular deja un defecto del cartílago en espejo en la base de la falange y la cabeza del metacarpiano; sin embargo, al comparar sólo el daño del cartílago de la falange entre ambas técnicas, la técnica intraarticular muestra menos daño. Nosotros planteamos la hipótesis de que esto se debe a la disposición del cartílago, ya que el tornillo se suele introducir de forma más excéntrica, se evita así dañar todo el cartílago. Por tanto, se prefiere la técnica intraarticular.

Stern⁹ señaló que la maniobra de *push up* para la translación dorsal de la base de la falange proximal no era confiable, ya que la fuerza probablemente estaba desplazando el sitio de la fractura y no la base. Mostramos un método alternativo utilizando el pin de Steinman para "hacer palanca" en la base dorsal, lo que permite un mayor control de la fractura y una mayor flexión de la articulación metacarpofalángica (MP). Para la colocación de un segundo tornillo, la guía del pasador puede dejarse en su lugar y usarse como palanca para mantener esta subluxación dorsal. En el ámbito cadáverico, encontramos que el uso de esta técnica permitió la colocación de los tornillos a través del abordaje intraarticular sin imponer gran dificultad.

Es importante considerar el uso de tornillos más estrechos, especialmente en el cuarto y quinto dedo, más aún si se necesitan dos tornillos para la estabilidad de la fractura. Actualmente están disponibles 1.8 y 2.1 mm y son más adecuados para huesos más pequeños.

CONCLUSIONES

La cantidad de daño condral causado por la fijación con tornillos intramedulares (IM) de las fracturas de la falange proximal es pequeña en comparación con los problemas asociados con otros medios de fijación. El daño se puede minimizar utilizando la técnica de "palanca y colocación" que subluxa la falange proximal dorsalmente, en relación con la cabeza del metacarpiano, lo que permite la inserción en un área más periférica y menos crítica de la base de la falange proximal. Los tornillos IM logran una buena fijación, facilitan el rango de movimiento temprano y pueden colocarse con un daño mínimo al cartílago articular. Se necesitarán más estudios que se dediquen a investigar las consecuencias clínicas del daño condral en las falanges proximales.

REFERENCIAS

1. Karl JW, Olson PR, Rosenwasser MP. The epidemiology of upper extremity fractures in the United States, 2009. *J Orthop Trauma*. 2015; 29 (8): e242-244.
2. Silins K, Turkmen T, Vögelin E, Haug LCP. Comparing treatment of proximal phalangeal fractures with intramedullary screws versus plating. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2023; 143 (3): 1699-1706. doi: 10.1007/s00402-022-04516-z.
3. Brei-Thoma P, Vögelin E, Franz T. Plate fixation of extra-articular fractures of the proximal phalanx: do new implants cause less problems? *Arch Orthop Trauma Surg*. 2015; 135 (3): 439-445. doi: 10.1007/s00402-015-2155-4.
4. Reid AWN, Sood MK. Intramedullary cannulated compression screws for extra-articular phalangeal fractures. *J Hand Surg Asian Pac Vol*. 2021; 26 (2): 180-187. doi: 10.1142/S2424835521500168.
5. Ibanez DS, Rodrigues FL, Salviani RS, Roberto FA, Pengo Junior JR, Aita MA. Experimental trial on surgical treatment for transverse fractures of the proximal phalanx: technique using intramedullary conical compression screw versus lateral compression plate. *Rev Bras Ortop*. 2015; 50 (5): 509-514. doi: 10.1016/j.rboe.2014.12.009.
6. Rausch V, Harbrecht A, Kahmann SL, Fenten T, Jovanovic N, Hackl M et al. Osteosynthesis of phalangeal fractures: biomechanical comparison of Kirschner wires, plates, and compression screws. *J Hand Surg Am*. 2020; 45 (10): 987.e1-987.e8. doi: 10.1016/j.jhsa.2020.04.010.
7. Sivakumar BS, An VVG, Graham DJ, Ledgard J, Lawson RD, Furniss D. Intramedullary compression screw fixation of proximal phalangeal fractures: a systematic literature review. *Hand (NY)*. 2022; 17 (4): 595-601.
8. Del Piñal F, Moraleda E, Rúas JS, de Piero GH, Cerezal L. Minimally invasive fixation of fractures of the phalanges and metacarpals with intramedullary cannulated headless compression screws. *J Hand Surg Am*. 2015; 40 (4): 692-700. doi: 10.1016/j.jhsa.2014.11.023.
9. Stern PJ. Commentary on 'Intramedullary headless screw fixation for fractures of the proximal and middle phalanges in the digits of the hand: a review of 31 consecutive fractures' and 'Treatment of proximal phalangeal fractures with an antegrade intramedullary screw: a cadaver study'. *J Hand Surg Eur Vol*. 2016; 41 (7): 695. doi: 10.1177/1753193416654074.
10. Gaspar MP, Gandhi SD, Culp RW, Kane PM. Dual antegrade intramedullary headless screw fixation for treatment of unstable proximal phalanx fractures. *Hand (NY)*. 2019; 14 (4): 494-499. doi: 10.1177/1558944717750919.
11. Borbas P, Dreu M, Poggetti A, Calcagni M, Giesen T. Treatment of proximal phalangeal fractures with an antegrade intramedullary screw: a cadaver study. *J Hand Surg Eur Vol*. 2016; 41 (7): 683-687. doi: 10.1177/1753193416641319.
12. Löfters TT, Lee HH, Gehrmann S, Windolf J, Kaufmann RA. Proximal phalanx fracture management. *Hand (NY)*. 2018; 13 (4): 376-383. doi: 10.1177/1558944717735947.