



Artigo Original

Ensaio experimental para tratamento cirúrgico das fraturas transversas da falange proximal – Técnica com parafuso intramedular cônico de compressão versus placa de compressão lateral[☆]



Daniel Schneider Ibanez*, Fabio Lucas Rodrigues, Rafael Salmeron Salviani, Fernando Augusto Reginatto Roberto, Jose Roberto Pengo Junior e Marcio Aurelio Aita

Laboratório de Ensaios Mecânicos e Metalográficos (LEMM), Jaú, SP, Brasil

INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

Histórico do artigo:

Recebido em 17 de junho de 2014

Aceito em 25 de agosto de 2014

On-line em 15 de janeiro de 2015

Palavras-chave:

Fixação óssea

Fixação interna de fraturas

Traumatismos da mão

Traumatismos dos dedos

R E S U M O

Objetivo: Comparar os parâmetros mecânicos entre dois métodos de estabilização por compressão: placa de compressão axial de 1,5 mm com o parafuso cônico de compressão usado como tutor intramedular.

Métodos: Foram usados modelos de poliuretano (Sawbone®) que simulam a fratura da falange proximal transversa, divididos em três grupos (placa lateral, parafuso cônico, sem implante).

Resultados: Há necessidade de uma maior força para resultar na fadiga da síntese com parafuso intramedular. Comprova-se, assim, a supremacia mecânica desse sobre o modelo com a placa lateral.

Conclusão: A estabilização com o parafuso Acutrak®, no tratamento das fraturas no modelo adotado neste ensaio, apresenta resultados mecânicos superiores e estatisticamente significativos em comparação com a técnica de compressão axial com o uso da placa lateral (Aptus Hand®).

© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

Experimental trial on surgical treatment for transverse fractures of the proximal phalanx: technique using intramedullary conical compression screw versus lateral compression plate

A B S T R A C T

Objective: To compare the mechanical parameters between two methods for stabilization through compression: 1.5 mm axial compression plate versus conical compression screw used as an intramedullary tutor.

Keywords:

Bone fixation

Internal fixation of fractures

[☆] Trabalho desenvolvido no Laboratório de Ensaios Mecânicos e Metalográficos (LEMM), Jaú, SP, Brasil.

* Autor para correspondência.

E-mail: drdanielsi@hotmail.com (D.S. Ibanez).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rbo.2014.08.012>

0102-3616/© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

Hand injuries
Finger injuries

Methods: Polyurethane models (Sawbone®) that simulated transverse fractures of the proximal phalanx were used. The models were divided into three groups: lateral plate, conical screw and no implant.

Results: Greater force was needed to result in fatigue in the synthesis using an intramedullary plate. Thus, this model was proven to be mechanically superior to the model with the lateral plate.

Conclusion: Stabilization using the Acutrak® screw for treating fractures in the model used in this trial presents mechanical results that are statistically significantly superior to those from the axial compression technique using the lateral plate (Aptus Hand®).

© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

Introdução

As fraturas de falanges são lesões frequentes e representam 6% de todas as fraturas.^{1,2} A falange proximal é fraturada com maior frequência em relação às falanges médias ou distais.^{3,4}

A indicação de tratamento cirúrgico dessas fraturas deve levar em consideração o tipo do traço fraturário, o desvio entre os fragmentos e a dificuldade de manter a redução incruenta da fratura.³ Tem como objetivo a restauração da anatomia e da função do dedo acometido.^{4,5}

As técnicas descritas variam de uma estabilidade relativa ao princípio de estabilidade absoluta. Por vezes, uma combinação de métodos é necessária⁶ e isso depende da natureza do traço fraturário, da disponibilidade de implantes e da preferência do cirurgião.

Dentre as complicações cirúrgicas destacam-se: rigidez articular, aderência e/ou ruptura do tendão extensor,¹ perda funcional do dedo² ou, ainda, consolidação viciosa, pseudoartrose e osteomielite.⁵⁻⁷

Essas complicações são frequentemente causadas pelo pouco conhecimento da biomecânica desse órgão, pela crença infundada de que todas as fraturas da mão serão resolvidas com o tratamento conservador ou pela pouca cooperação dos pacientes.⁸

Na busca de minimizar essas complicações, foi descrito o posicionamento lateral da placa, por Mantovanni et al.,⁹ que não abordam o tendão extensor para evitar aderência tendinosa e rigidez articular. Outra opção seria usar o princípio de tutor interno intramedular,^{10,11} como um parafuso cônico de compressão (Acutrak®), para ser colocado de forma percutânea, que descreveremos neste estudo de forma inédita.

O objetivo deste trabalho é comparar os parâmetros mecânicos de dois métodos de estabilização por compressão: placa de compressão axial de 1,5 mm com o parafuso cônico de compressão usado como tutor intramedular. Ambos usados nas fraturas da falange proximal diafisária e com o traço transversal.

Métodos

O estudo foi feito em maio de 2012 no Laboratório de Ensaios Mecânicos e Metalográficos (LEMM), validado pelo Inmetro, na cidade de Jaú, Estado de São Paulo.



Figura 1 – Modelo do Grupo I antes do ensaio mecânico.

Foram usados 15 modelos de poliuretano (Sawbone®), de dimensões 10 x 8 x 60 mm, densidade 40 PCF (libra por pé cúbico), que simula a falange proximal. Foi feita fratura simples (traço único) e transversa (inclinação menor do que 30°).¹²

Esses foram divididos em três grupos com cinco modelos para cada grupo com material de síntese (Grupo I e II) e três modelos para o grupo sem material de síntese (Grupo III):

Grupo I – com placa de compressão de 1,5 mm e quatro parafusos corticais (Aptus Hand®), colocada na região lateral do modelo (fig. 1).

Grupo II – um parafuso cônico de compressão (Acutrak®), tipo standard, posicionado intramedularmente (fig. 2).

Grupo III – modelos da falange sem implante e sem fratura (fig. 3).

Técnica de colocação da placa lateral no modelo de poliuretano (fig. 1):

Colocação de placa de 1,5 mm posicionada lateralmente no modelo e, após redução, colocação de quatro parafusos bicorticais (dois distais e dois proximais ao foco fraturário) que promovem compressão axial ao traço da fratura.

Técnica de colocação do parafuso cônico de compressão intramedular no modelo de poliuretano (fig. 2):

Redução da fratura do modelo de poliuretano, passagem do fio guia da face superior em direção à face inferior, através da



Figura 2 – Modelo do Grupo II antes do ensaio mecânico.



Figura 3 – Modelo do Grupo III antes do ensaio mecânico.

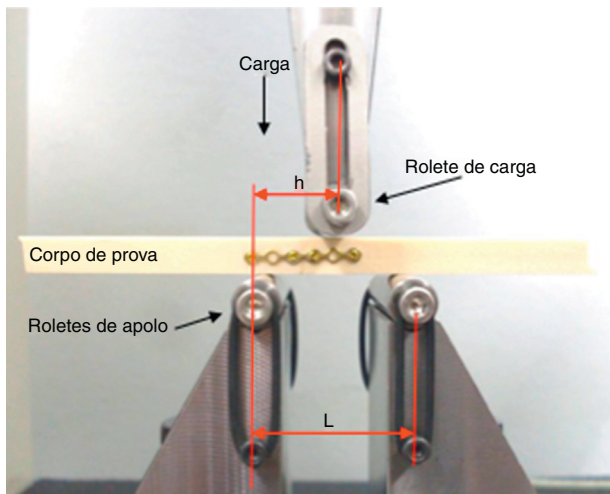


Figura 4 – Foto ilustrativa e esquemática do ensaio de flexão com apoio em três pontos: Distância L: 40 mm, Distância h: 15 mm, Força aplicada: 5 mm.

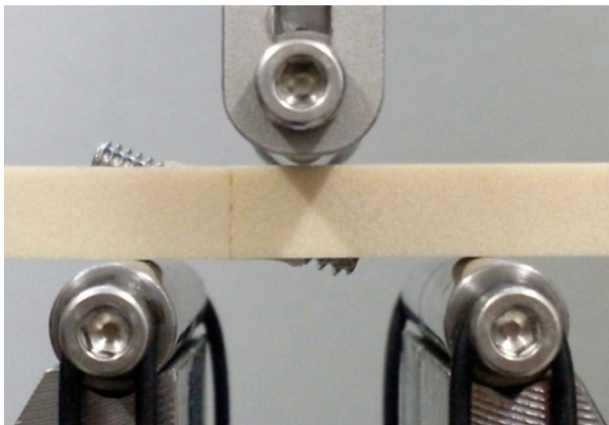


Figura 5 – Foto ilustrativa e esquemática detalhada do ensaio de flexão com apoio em três pontos: Grupo II.

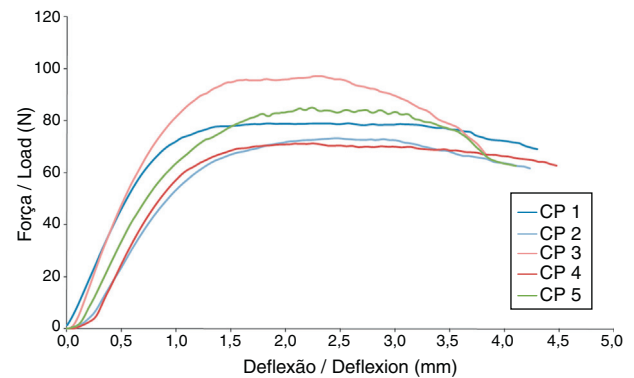
fratura. Segue-se com a mensuração do tamanho do implante, perfuração do orifício bicorticalmente e com a instalação do parafuso cônico de compressão posicionado logo abaixo da superfície superior na região proximal à fratura e justo à superfície inferior distal desse modelo.

Aplicação do teste mecânico nos modelos de poliuretano: ensaio de flexão em três pontos de apoio (fig. 4).

Foi colocado o modelo de poliuretano (corpo de prova) numa máquina com três pontos de contato – Equipamento: EMIC Modelo: DL10000 – contando com um rolete de carga e dois roletes de apoio. De forma que a carga foi aplicada para gerar uma força de flexão constante e crescente até a fadiga do material de síntese.

Grupo I – força aplicada de superior para inferior com o posicionamento da placa de compressão na lateral.

Grupo II – força aplicada de superior para inferior com o posicionamento do parafuso de compressão também de superior para inferior de forma inclinada com o traço transversal (fig. 5).



Fonte: laboratório de ensaios mecânicos e metalográficos (LEMM)

Figura 6 – Curvas do ensaio de flexão com apoio em três pontos para o Grupo I.

Grupo III – força aplicada de superior para inferior no corpo de prova íntegro.

Em todos os grupos avaliados a distância L, entre os roletes de apoio, foi a mesma. Nos Grupos I e II a força de flexão, aplicada pelo rolete de carga, manteve-se constante na distância h de 15 mm do início da síntese e a 5 mm da linha de fratura.

Todos os dados foram enviados para análise estatística. Foi usado o teste de Kruskal-Wallis e adotou-se o nível de significância de 5% (0,050). O programa SPSS (Statistical Package for Social Sciences), versão 21.0, auxiliou na obtenção dos resultados.

A aplicação do teste de Kruskal-Wallis foi para verificar as possíveis diferenças entre os três grupos, comparados simultaneamente, para as variáveis de interesse.

Resultados

No Grupo I (placa lateral de compressão) houve um suporte de força máxima média de flexão de 81,23 N com a variação de 97,13 a 73,35 N; uma rigidez em flexão média de 90,80 N com variação de 116 e 70 N (tabela 1 e figs. 6 e 7).

O Grupo II (parafuso cônico de compressão intramedular) suportou força máxima média de flexão de 320,40 N com variação entre 360,08 e 278,85 N; uma rigidez em flexão média de 427,48 N; Uma variação de 455 N e 385 N (tabela 2 e figs. 8 e 9).

O Grupo III (corpo de prova íntegro) suportou força máxima média de flexão de 537,50 N com variação entre 545,61 e 528,68 N; uma rigidez em flexão média de 492 N; uma variação de 499 N e 480 N (tabela 3 e fig. 10).

Descrição e comparação das variáveis de interesse entre os três grupos estudados (tabela 4).

O intuito foi demonstrar a força máxima média necessária para provocar falha da redução com os materiais de síntese (tabelas 1 e 2) e fratura do corpo de prova no Grupo III (tabela 3).

O estudo acima descrito não apresentou diferenças estatisticamente significativas ao comparar cada modelo de forma simultânea e dentro do seu próprio grupo. Por isso, aplicou-se o teste de Mann-Whitney (tabela 5) para identificar quais

Tabela 1 – Resultados obtidos do ensaio de flexão para o Grupo I

Item	K(N/mm)	El _e (Nm ²)	q(mm)	P (N)	R (Nm)	Fmáx (N)
1	96,0	0,05	0,03	54	0,41	79,05
2	70,0	0,04		47	0,35	73,35
3	116,0	0,07		52	0,39	97,13
4	86,0	0,05		47	0,35	71,36
5	86,0	0,05		49	0,37	85,05
Média	90,8	0,052	0,030	49,8	0,4	81,2
Desvio padrão	16,89	0,01		3,11	0,02	10,39

Fonte: Laboratório de Ensaio Mecânicos e Metalográficos (LEMM).

K, rigidez em flexão; Ele, rigidez estrutural em flexão; P, carga de escoamento; R, momento de escoamento (resistência à flexão); q, deslocamento a 0,2% da distância entre rolete externo e interno; Fmáx., força máxima do ensaio.

Tabela 2 – Resultados obtidos do ensaio de flexão para o Grupo II

Amostra	K (N/mm)	El _e (Nm ²)	q (mm)	P (N)	R (Nm)	Fmáx (N)
1	434,0	0,24	0,03	250	1,88	360,08
2	455,0	0,26		265	1,99	328,09
3	467,0	0,26		320	2,40	342,55
4	398,0	0,22		250	1,88	278,85
5	385,0	0,22		190	1,43	292,45
Média	427,8	0,2	0,03	255,0	1,9	320,4
Desvio padrão	35,48	0,02		46,37	0,35	34,03

Fonte: Laboratório de Ensaio Mecânicos e Metalográficos (LEMM).

K, rigidez em flexão; Ele, rigidez estrutural em flexão; P, carga de escoamento; R, momento de escoamento (resistência à flexão); q, deslocamento a 0,2% da distância entre rolete externo e interno; Fmáx., força máxima do ensaio.

Tabela 3 – Resultados obtidos do ensaio de flexão para o Grupo III

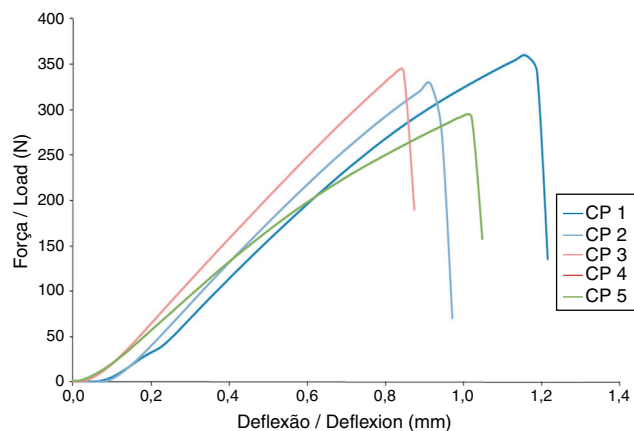
Amostra	K (N/mm)	El _e (Nm ²)	q (mm)	P (N)	R (Nm)	Fmáx (N)
1	480,0	0,27	0,030	430	3,23	528,68
2	499,0	0,28	0,030	420	3,15	545,61
3	497,0	0,28	0,030	410	3,08	538,12
Média	492,0	0,3	0,030	420,0	3,2	537,5
Desvio padrão	10,44	0,01	0,030	10,00	0,08	8,48

Fonte: Laboratório de Ensaio Mecânicos e Metalográficos (LEMM).

K, rigidez em flexão; Ele, rigidez estrutural em flexão; P, carga de escoamento; R, momento de escoamento (resistência à flexão); q, deslocamento a 0,2% da distância entre rolete externo e interno; Fmáx., força máxima do ensaio.



Figura 7 – Foto ilustrativa do Grupo I após o ensaio mecânico.



Fonte: laboratório de ensaios mecânicos e metalográficos (LEMM)

Figura 8 – Curvas do ensaio de flexão com apoio em três pontos para o Grupo II.

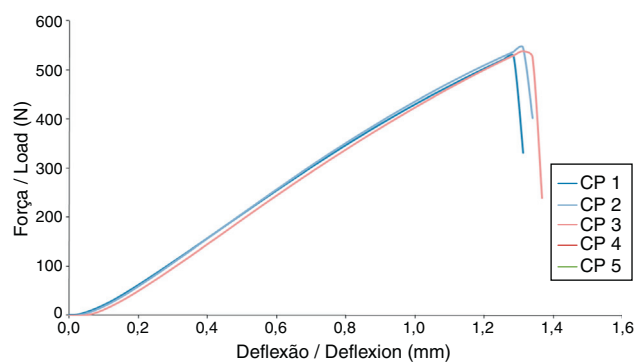
Tabela 4 – Aplicação do teste de Kruskal-Wallis

Variável	Grupo	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	P 25	Percentil 50 (mediana)	P 75	Sig. (p)
K (N/m)	I	5	90,80	16,89	70,00	116,00	86,00	86,00	96,00	0,005
	II	5	427,80	35,48	385,00	467,00	398,00	434,00	455,00	
	III	3	492,00	10,44	480,00	499,00	488,50	497,00	498,00	
	Total	13	313,00	186,03	70,00	499,00	96,00	398,00	467,00	
Ele (Nm2)	I	5	0,05	0,01	0,04	0,07	0,05	0,05	0,05	0,005
	II	5	0,24	0,02	0,22	0,26	0,22	0,24	0,26	
	III	3	0,28	0,01	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	
	Total	13	0,18	0,10	0,04	0,28	0,05	0,22	0,26	
q (mm)	I	5	0,03	0,00	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	> 0,999
	II	5	0,03	0,00	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
	III	3	0,03	0,00	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
	Total	13	0,03	0,00	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
P (N)	I	5	49,80	3,11	47,00	54,00	47,00	49,00	52,00	0,005
	II	5	255,00	46,37	190,00	320,00	250,00	250,00	265,00	
	III	3	420,00	10,00	410,00	430,00	415,00	420,00	425,00	
	Total	13	214,15	152,58	47,00	430,00	52,00	250,00	320,00	
R (Nm)	I	5	0,37	0,03	0,35	0,41	0,35	0,37	0,39	0,005
	II	5	1,92	0,35	1,43	2,40	1,88	1,88	1,99	
	III	3	3,09	0,06	3,03	3,15	3,06	3,08	3,12	
	Total	13	1,59	1,12	0,35	3,15	0,39	1,88	2,40	
Fmax (N)	I	5	81,19	10,39	71,36	97,13	73,35	79,05	85,05	0,005
	II	5	320,40	34,03	278,85	360,08	292,45	328,09	342,55	
	III	3	537,47	8,48	528,68	545,61	533,40	538,12	541,87	
	Total	13	278,49	184,81	71,36	545,61	85,05	292,45	360,08	

K, rigidez em flexão; Ele, rigidez estrutural em flexão; P, carga de escoamento, R, momento de escoamento (resistência à flexão); q, deslocamento a 0,2% da distância entre rolete externo e interno; Fmáx., força máxima do ensaio.



Figura 9 – Foto ilustrativa do Grupo II após o ensaio mecânico.



Fonte: laboratório de ensaios mecânicos e metalográficos (LEMM)

Figura 10 – Curvas do ensaio de flexão com apoio em três pontos para o Grupo III.

Tabela 5 – Aplicação do teste de Mann-Whitney

Variável	Par de grupos		
	I vs. II	I vs. III	II vs. III
K (N/m)	0,009	0,024	0,025
Ele (Nm2)	0,008	0,021	0,023
P (N)	0,009	0,024	0,024
R (Nm)	0,009	0,024	0,024
Fmax (N)	0,009	0,025	0,025

grupos se diferenciam dos demais, quando comparados par a par.

À exceção da variável q (mm), que permaneceu constante nos três grupos, pode-se afirmar que existem diferenças efetivas entre eles nas demais variáveis de interesse.

Discussão

As fraturas falangeanas proximais são mais prevalentes em homens entre 10 a 40 anos e, normalmente, são tratadas como lesões insignificantes; o que resulta em limitação funcional⁴ numa população economicamente importante.

A evolução no tratamento da fratura da falange proximal é uma necessidade em nosso meio, visto que a incidência dessa fratura aumentou exponencialmente e os resultados publicados por métodos consagrados não são convincentes.¹⁰ O ideal, na busca de diminuir as complicações pós-operatórias, é unir técnicas menos invasivas somadas a uma melhor estabilidade do implante, para permitir a mobilização precoce do dedo fraturado.

O novo desenho das placas bloqueadas e, especificamente, as de 1,5 mm com a espessura de 2 mm, bem como o instrumental que as acompanha (guias e pinças de redução precisa), facilitam o procedimento intraoperatório.

O uso do parafuso cônico de compressão Acutrak® – desenhado para o tratamento da fratura do escafoide – descrito neste estudo, de forma inédita, mostra a possibilidade de aplicá-lo nas fraturas da falange proximal com a estabilidade necessária para uma boa recuperação pós-operatória. Mas para tal conduta necessitava-se de comprovação mecânica de que a síntese suportaria a carga necessária durante a reabilitação, não prejudicaria a recuperação ou traria algum dano ao paciente. Motivo que nos estimulou a fazer o presente estudo.

Tanto a abordagem percutânea pelo parafuso Acutrak® na região dorsal do dedo (como tutor interno) quanto a colocação da placa lateral (com o princípio de compressão axial) não alcançam o tendão extensor e evitam a aderência do tendão ao implante. Também há menor risco de rigidez articular, pois a hipótese é que esses métodos são estáveis o suficiente para permitir a mobilidade articular metacarpofalangeana e interfalangeana no pós-operatório imediato.

Decidimos usar um modelo sintético de osso, e não uma falange animal, como a do porco, pelo fato da sua densidade do modelo ser fixa. Isso minimiza o viés das variações da densidade óssea e concentra o teste nos implantes. Padronizamos o traço de fratura simples e transversa por ser tratar do melhor traço para obter compressão axial dos fragmentos, já que vamos testar técnicas que atribuem compressão.

Ao comparar horizontalmente os resultados mecânicos entre os grupos, observa-se que há diferença estatisticamente significativa entre os grupos I e II. Dessa forma, há necessidade de uma maior força para resultar na fadiga da síntese com parafuso intramedular. Comprova-se, assim, a supremacia mecânica desse sobre o modelo com a placa lateral.

Como a força máxima média no Grupo III (fig. 3) chega a ser 167,8% maior do que no Grupo I e 662,9% do que no Grupo II, demonstra que a máquina de ensaio (fig. 1) não interfere na fratura, somente os implantes. Habilita-se, portanto, o teste mecânico comparativo feito no presente estudo.

Os resultados obtidos neste estudo nos encorajam a prosseguir nas pesquisas, agora de forma clínica, pois, além da vantagem mecânica, a aplicação do parafuso cônico é feita percutaneamente, o que pode evitar complicações relacionadas ao acesso cirúrgico necessário na osteossíntese com placa.

Conclusão

A estabilização com o parafuso Acutrak®, no tratamento das fraturas no modelo adotado neste ensaio apresenta resulta-

dos mecânicos superiores e estatisticamente significativos em comparação com a técnica de compressão axial com o uso da placa lateral (Aptus Hand®).

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

REFERÊNCIAS

1. Packer GJ, Shaheen MA. Patterns of hand fractures and dislocations in a district general hospital. *J Hand Surg Br.* 1993;18(4):511-4.
2. Emmett JE, Breck LW. A review and analysis of 11,000 fractures seen in a private practice of orthopaedic surgery, 1937-1956. *J Bone Joint Surg Am.* 1958;40(A(5)):1169-75.
3. De Jonge JJ, Kingma J, Van der Lei B, Klasen HJ. Fractures of the metacarpals. A retrospective analysis of incidence and aetiology and a review of the English-language literature. *Injury.* 1994;25(6):365-9.
4. Kamath JB, Harshvardhan, Naik DM, Bansal A. Current concepts in managing fractures of metacarpal and phalanges. *Indian J Plast Surg.* 2011;44(2):203-11.
5. Barton N. Internal fixation of hand fractures. *J Hand Surg Br.* 1989;14(2):139-42.
6. Margić K. External fixation of closed metacarpal and phalangeal fractures of digits. A prospective study of one hundred consecutive patients. *J Hand Surg Br.* 2006;31(1):30-40.
7. Henry MH. Fractures of the proximal phalanx and metacarpals in the hand: preferred methods of stabilization. *J Am Acad Orthop Surg.* 2008;16(10):586-95.
8. Ouellette EA, Dennis JJ, Latta LL, Milne EL, Makowski AL. The role of soft tissues in plate fixation of proximal phalanx fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;418:213-8.
9. Mantovani G, Fukushima WY, Cho AB, Aita MA, Lino W Jr, Faria FN. Alternative to the distal interphalangeal joint arthrodesis: lateral approach and plate fixation. *J Hand Surg Am.* 2008;33(1):31-4.
10. Zyluk A, Budzyński T. Treatment of metacarpal and phalangeal fractures—a review. *Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol.* 2006;71(4):299-308.
11. Orbay JL, Touhami A. The treatment of unstable metacarpal and phalangeal shaft fractures with flexible nonlocking and locking intramedullary nails. *Hand Clin.* 2006;22(3):279-86.
12. Fitoussi F, Lu W, Ip WY, Chow SP. Biomechanical properties of absorbable implants in finger fractures. *J Hand Surg Br.* 1998;23(1):79-83.