

Biomechanical analysis of Hamate hook fractures: An anatomical study.

Christoph Lutter^{1,2,*}, Thilo Hotfiel³, Michael Simon¹, Magdalena Wagner¹, Isabelle Schöffl¹,
Sabine Ott⁴, Thomas Bayer⁴, Volker Schöffl^{1,5,6}

¹Dept. of Sports Orthopaedics, Sports Medicine, Sports Traumatology, Klinikum Bamberg, Germany

²CVPath Institute, Gaithersburg, USA

³Dept. of Orthopedics, Friedrich-Alexander University Erlangen-Nuremberg, Germany

⁴Dept. of Radiology, Friedrich Alexander University Erlangen-Nuremberg, Germany

⁵Dept. of Trauma and Orthopaedic Surgery, Friedrich Alexander University Erlangen-Nuremberg, Germany

⁶Department of Emergency Medicine, Section Wilderness Medicine, University of Colorado, Denver

*Corresponding author: christoph.lutter@googlemail.com

Abstract:

Comprising two to four percent of all carpal fractures, hamate hook fractures are rare injuries. Besides the common injury mechanism (direct impact to hook) another theory has recently attracted attention. High load during different sports like gymnastics, weightlifting or climbing (wrist in ulnar deviation) is supposed to be transmitted to the hook of the hamate by tightened flexor tendons creating a high contact pressure to the ulnar margin of the carpal tunnel. Injuries of the hamate hook, caused by other than external impact but by contact pressure of the anatomical structures seem to be rare and have rarely been reported before. We now aimed to further investigate the pressure load on the hamate hook by a biomechanical cadaver study.

Eighteen fresh and unfixated forearms of body donors were used for the study after ethical board approval. After anatomical dissection of the palm and forearm, the specimen were placed with an ulnar deviated wrist in a self-designed testing device to analyze contact pressure of flexor tendons on the hamate hook. Finger flexion was then simulated by an engine pulling on the flexor tendons of the Dig. IV/V and forces were recorded by sensors. For identification of potential hamate hook fractures, all hands were then scanned by CT. Real time MRI sequences were used to visualize tendon sliding of the flexor tendons (Dig. IV/V) under high load as well as after hamate hook fracture or surgical resection, which is a commonly used therapeutical procedure.

The self-designed testing device is suitable to precisely analyze forces of the forearm and wrist/hand. None of the tested hamate hooks showed a fracture after singular contact pressure strain. The average pulling force was 448(182-920) Newton (D.IV flexor tendon) and 345(185-486) Newton (D.V flexor tendon) and stop criteria were tendon rupture, bony avulsion or articular dislocation of the fingers. Real time MRI images revealed a clear change in tendon sliding behavior after hamate hook fracture or surgical resection leading to a tendon dislocation.

Hamate hook fracture did not occur after singular max. tendon contact pressure in hands of body donors tested in this study. It must be assumed that fractures of the hook caused by high contact pressure rather result from repetitive pressure load than from singular strain. Tendon sliding seems to be significantly changed after complete fracture of the hamate hook or surgical resection and needs to be considered in clinical situations.

Key Words: Hamate hook fracture, flexor tendons, wrist injuries

Résumé/concept

Analyse bio-mécanique de fractures de l'os crochu (hamatum), étude anatomique

Les fractures de l'os crochu (hamatum) constituent seulement 2 à 4 % de toutes les fractures carpiennes. Outre le mécanisme normal d'accident (un impact direct sur l'os), on considère maintenant une autre théorie intéressante. Une haute charge effectuée dans certains sports comme la gymnastique, l'haltérophilie ou l'escalade (poignet en déviation ulnaire) est transmise à l'os hamatum par l'action de tendons fléchisseurs resserrés, créant ainsi une haute pression de contact sur la marge ulnaire du tunnel carpien. Des lésions de l'os hamatum causées par d'autres facteurs que des facteurs externes, seulement par une pression de contact des structures anatomiques semblent très rares ou n'ont jamais été répertoriées. Notre but était de continuer à étudier la charge de pression sur l'os crochu par une étude bio-mécanique effectuée sur des cadavres.

On a alors utilisé 18 avant-bras non-fixés, pris sur des donneurs après avoir obtenu l'approbation du conseil d'éthique. Après dissection anatomique de la paume et de l'avant-bras, les spécimens ont été placés avec un poignet en déviation ulnaire dans un dispositif autonome d'essai. Ceci afin d'analyser la pression de contact des tendons fléchisseurs sur l'os hamatum. La flexion des doigts a été simulée par une machine exerçant une pression de Dig IV V. Les forces étaient enregistrées par des capteurs. Afin d'identifier les fractures potentielles de l'os hamatum, toutes les mains ont été passées au scanner. Des séquences IRM en temps réel ont été utilisées afin de visualiser le tendon glissant sur les fléchisseurs (Dig IV/V) soumis à une haute charge tout comme après une fracture de l'os hamatum ou une résection chirurgicale, ce qui est un procédé utilisé à fins thérapeutiques .

Ce dispositif autonome d'essai est très utile pour analyser très précisément les forces de l'avant-bras et du poignet ou de la main. Aucun os hamatum ne montre de fracture après une pression de contact. La force de traction normale était de 448 (182-920) Newton (tendons fléchisseurs D.IV) et de 345 (185-486) Newton (tendon fléchisseur D.V). Les critères d'arrêt étaient la rupture du tendon, une fracture par avulsion ou une dislocation des articulaires des doigts. Les résultats des IRM ont montré un changement bien visible dans la façon de glisser du tendon après une fracture de l'os hamatum ou une résection chirurgicale menant à une dislocation du tendon.

La fracture de l'os hamatum ne résulte pas d'une seule pression de contact maximale du tendon dans les mains des donateurs testées dans cette étude. On doit constater que les fractures de cet os causées par des points de pression à contact élevé sont le résultat de charge de pressions répétées. Le glissement de tendon semble changé après une complète fracture de l'os hamatum ou une résection chirurgicale et doit donc être considéré dans des situations cliniques.

Mots-clés: fracture de l'os hamatum, tendons fléchisseurs, lésions du poignet.

REFERENCES

1. Schoffl V, Popp D, Kupper T, Schoffl I. Injury trends in rock climbers: evaluation of a case series of 911 injuries between 2009 and 2012. *Wilderness Environ Med* 2015;26:62-7.
2. Neuhofer A, Hennig FF, Schoffl I, Schoffl V. Injury risk evaluation in sport climbing. *Int J Sports Med* 2011;32:794-800.
3. Schoffl VR, Kuepper T. Injuries at the 2005 World Championships in Rock Climbing. *Wilderness Environ Med* 2006;17:187-90.
4. Schoffl V, Morrison A, Schoffl I, Kupper T. The epidemiology of injury in mountaineering, rock and ice climbing. *Med Sport Sci* 2012;58:17-43.
5. Schoffl VR, Hoffmann G, Kupper T. Acute injury risk and severity in indoor climbing-a prospective analysis of 515,337 indoor climbing wall visits in 5 years. *Wilderness Environ Med* 2013;24:187-94.
6. Schoffl V, Lutter C, Popp D. The "Heel Hook"-A Climbing-Specific Technique to Injure the Leg. *Wilderness Environ Med* 2016;27:294-301.
7. Hochholzer T, Straub G., Schöffl V. Overuse bone marrow edema of the hands in sport climbers. *Sport Orthop Traumatol* 2013;29.
8. Hochholzer T, Schoffl VR. Epiphyseal fractures of the finger middle joints in young sport climbers. *Wilderness Environ Med* 2005;16:139-42.

Figure 1. (A) Normal anatomy of the four lumbrical muscles (I/II unipennate, III/IV bipennate) and (B) pathomechanism of lumbrical muscle tears referred to as “quadriga effect”.

