

—臨床および実験報告—

内在筋に着目した中指橈側尺側外転訓練 母指 CM 関節症の手術後療法としての効果と作用機序の検証

我妻 朋美¹ 萩原 祐介^{2,3} 伏屋 洋志⁴
菅野 麻希¹ 高橋 美香¹ 松元 秀次⁵

¹日本医科大学千葉北総病院リハビリテーション科

²医療法人社団湧水方円会稲田病院整形外科

³日本医科大学千葉北総病院整形外科

⁴東京都リハビリテーション病院

⁵日本医科大学大学院医学研究科リハビリテーション学分野

Middle Finger Abduction Exercise Focusing on the Intrinsic Muscles as Components of the Hand Arch

Tomomi Wagatsuma¹, Yusuke Hagiwara^{2,3}, Hiroshi Fuseya⁴,
Maki Sugano¹, Mika Takahashi¹ and Shuji Matsumoto⁵

¹Department of Rehabilitation Medicine, Nippon Medical School Chiba Hokusoh Hospital

²Department of Orthopaedic Surgery, Inada Hospital

³Department of Orthopaedic Surgery, Nippon Medical School Chiba Hokusoh Hospital

⁴Department of Rehabilitation Medicine, Tokyo Metropolitan Rehabilitation Hospital

⁵Department of Rehabilitation and Physical Medicine, Graduate School of Medicine, Nippon Medical School

Abstract

Background: We have observed that patients with restricted thumb opposition sometimes develop dysfunction of the intrinsic muscles around the metacarpal joint of the middle finger. Therefore, we developed a middle finger abduction exercise program which focuses on improvement of intrinsic muscle function during post-operative rehabilitation after thumb carpometacarpal arthroplasty. We report on the efficacy of the program herein.

Methods: Three patients with Eaton stage III-IV thumb carpometacarpal arthritis were included in the study. The effects of the exercise program were recorded. Ultrasonography and surface electromyography were used to evaluate the effects of the exercise in two healthy volunteers.

Results: Five minutes of exercise resulted in a 1- to 2-point improvement in the Kapandji opposition score, and a 1- to 3-cm improvement in thumb opposition to the base of the small finger. Ultrasonography and electromyography revealed that adductor pollicis, abductor pollicis brevis, opponens pollicis, and abductor digiti minimi contractions became more synchronous.

Correspondence to Yusuke Hagiwara, Department of Orthopaedic Surgery, Inada Hospital, 46 Omori-cho, Nara-shi, Nara 630-8131, Japan

E-mail: yskh1231@gmail.com

Journal Website (<http://www2.nms.ac.jp/jmanms/>)

Conclusion: Our middle finger abduction exercise program improves thumb opposition significantly. The program may be particularly useful for post-operative rehabilitation after thumb surgeries; thumb opposition can be improved without thumb motion, which can be painful in the early post-operative period.

(日本医科大学医学会雑誌 2018; 14: 125-130)

Key words: intrinsic muscles, hand arch, thumb carpometacarpal arthritis, middle finger abduction exercise, opposition improvement

緒言

手指機能が低下した症例では、手の内在筋の柔軟性や弾力性の低下、それに伴う可動域制限がみられる。内在筋は、手指機能を支える3つの（横・縦・対立）アーチ構成にも深く関わり、巧緻性にも影響を与える¹。なかでも、遠位横アーチの中指 MP 関節近傍は Keystone²とされている。福島らは、この遠位横アーチの形成に障害が生じると、直接障害されていない母指の運動にも影響が生じると報告しており³、手指機能に内在筋とアーチは重要である。

母指 CM 関節症（以下、母指 CMOA）の関節形成術後は外固定により、一次的に母指対立制限がみられる。その一因は、手関節周囲軟部組織、骨間筋や筋膜の変性と推察されるが、実際、Keystone 近傍の内在筋の柔軟性・弾力性の低下が認められる。

そのため、われわれは、術後の一般的な後療法である母指の自動関節可動域訓練⁴に加え、内在筋を介し

て母指に間接的なアプローチをする中指 MP 関節の橈側・尺側外転運動（以下、中指 EX）を考案した。

そこで、中指 EX 前後の即時的な母指対立運動変化の報告と、中指 EX 中の内在筋の動態を超音波検査および表面筋電図で計測し、その作用機序の検討を行ったので報告する。

対象と方法

1. 中指 EX とは (Fig. 1)

中指 EX とは、椅子座位机上前腕回内位で、手指ストレッチボード（酒井医療社製、フィンブル[®]）を用いて、可能な限り中指以外の手指を外転位に固定し、中指の外転（橈側外転・尺側外転）運動を継続して行うものである。中指 MP 関節は中間位に近づけ、摩擦を軽減させ中指の外転運動を行いやすくするように配慮した。

2. 研究 1

母指 CMOA の術後の母指可動域制限に対し、内在筋に着目した中指 EX 前後での変化の有無の検証を目的に、母指対立可動域の即時変化の評価を行った。

2-1 対象

母指 CMOA に対して関節形成術を行った患者 3 名 3 手。全例女性で、利き手は右側、年齢は 54~79 歳、病期は Eaton 分類⁸で stage III~IV と進行期であった。各症例の詳細は以下のとおりである。

症例 1: 78 歳、左手、病期は Stage IV。手術は大菱形骨切除の後に橈側手根屈筋半腱を用いて靭帯再建/腱球挿入（以下、LRTI）法で関節形成術を行った。

症例 2: 54 歳、左手、病期は Stage III。手術は大菱形骨の骨棘を切除し、長掌筋腱を用いて靭帯再建を行う引き上げ関節形成術を行った。

症例 3: 79 歳、右手、病期は Stage IV。MP 関節の過伸展変形も見られた。手術は母指 CMOA に対して症例 1 と同様の LRTI 法を行い、MP 関節過伸展変

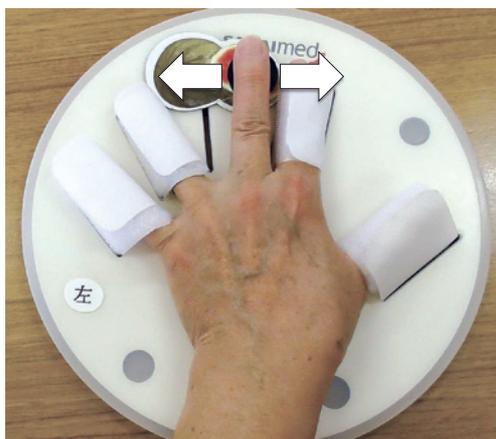


Fig. 1

Picture of the abduction exercise program for the middle finger. Move middle finger to the left and right, while other fingers are fixed onto the stretch board.

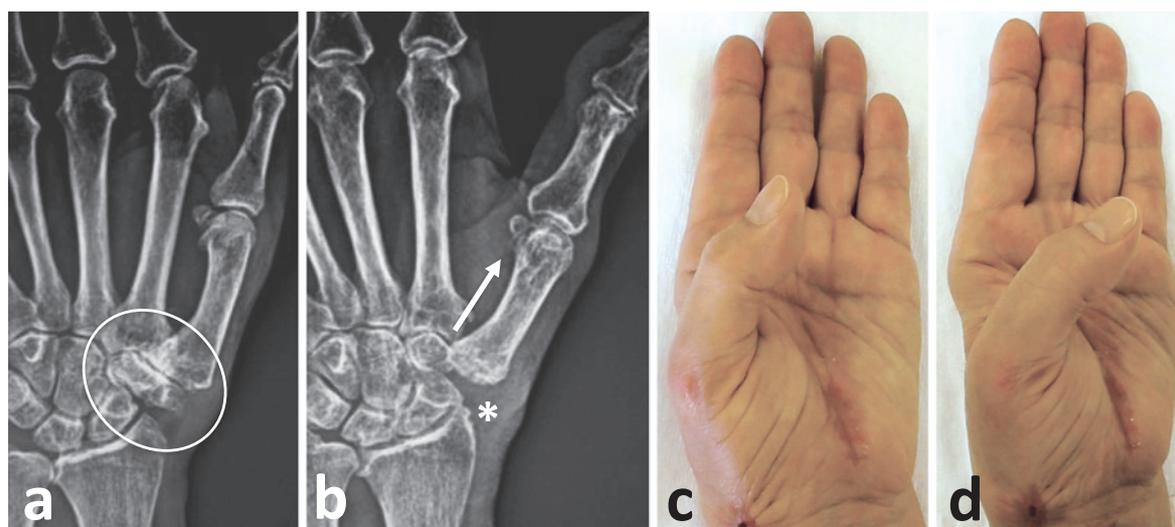


Fig. 2 Case 1, a 78-year-old woman

a) The preoperative plain radiograph revealed advanced, stage IV thumb carpometacarpal arthritis. b) The plain radiograph taken 3 months after surgery. The trapezium (the circled area on a) was resected, and ligament reconstruction and tendon ball replacement were performed with half-slip tendon of the flexor carpi radialis (↑, *). c) Before the middle finger exercise (EX), the patient was only able to oppose the thumb tip to the middle finger base. d) After the middle finger EX, she became able to oppose the tip to the small finger base.

形に対して短母指伸筋腱付着部の短縮術を施行した。

全症例で前腕から母指 MP 関節までの thumb spica cast 固定を術後 3 週間行い、固定除去後もスプリントを補助的に用いながら後療法を行った。

2-2 方法

症例 3 名に、疼痛の程度を確認しながら、中指 EX を患者のペースで 5 分間施行した。即時的变化の評価は、施行する前後での母指対立運動変化とし、評価項目は (1) 前腕回外位で対立運動時の母指指尖部の位置 (正面、側面像の動画撮影後に評価) (2) Kapandji スコア、(3) 母指指尖—小指基部距離 (以下、TPD) とし、(4) 訓練後に患者の内省を聴取した。また、(5) 手術前・手術後 3 カ月で単純 X 線による画像評価を行った。

3. 研究 2

中指 EX 中の母指対立運動に関わる筋群への影響の検証を目的に、中指 EX 中の手指の筋動態の評価を行った。

3-1 対象

健常成人女性 2 名 (平均 34 歳)、利き手側の右手を用いた。

3-2 方法

中指 EX 中の筋動態を倫理的配慮のもと (1) 超音波検査と (2) 表面筋電図検査にて行った。(1) は超

音波画像診断装置 (日立メディコ社製、My Lab Five[®]) を用いて観察した。プローブ圧迫による筋の変形を避けるため、水中で施行し、中指 EX 中の母指内転筋 (以下、Add) および短母指外転筋 (以下、APB)、母指対立筋 (以下、Opp) の動態を観察した。(2) は筋電図・誘発電位検査装置 (日本光電社製、MEB-2200 Neuropack[®]) を用いて、APB および小指外転筋 (以下、ADM) の筋腹に電極を貼付し、中指 EX 中の APB・ADM の筋活動を計測した。

結果

1. 研究 1 の結果

(1) 母指対立運動時の動画変化は、症例 1 (Fig. 1)、症例 2 (Fig. 2) 症例 3 (Fig. 3) で示す。対立時の母指指尖部は、症例 1・3 は環指・小指間基部まで、症例 2 は手掌部まで到達した。

(2) Kapandji スコアは、中指 EX 後、症例 1 は 5→7、症例 2 は 7→9、症例 3 は 6→7 と改善した。

(3) TPD は中指 EX 後、症例 1 は 3 cm→2 cm、症例 2 は 3 cm→0 cm、症例 3 は 2.5 cm→1.5 cm と短縮した。

(4) 内省は、症例 1 は「指が軽くなる」、症例 2 は「親指が動きやすい」、症例 3 は「親指のつっぱりが減る」と聞かれた。

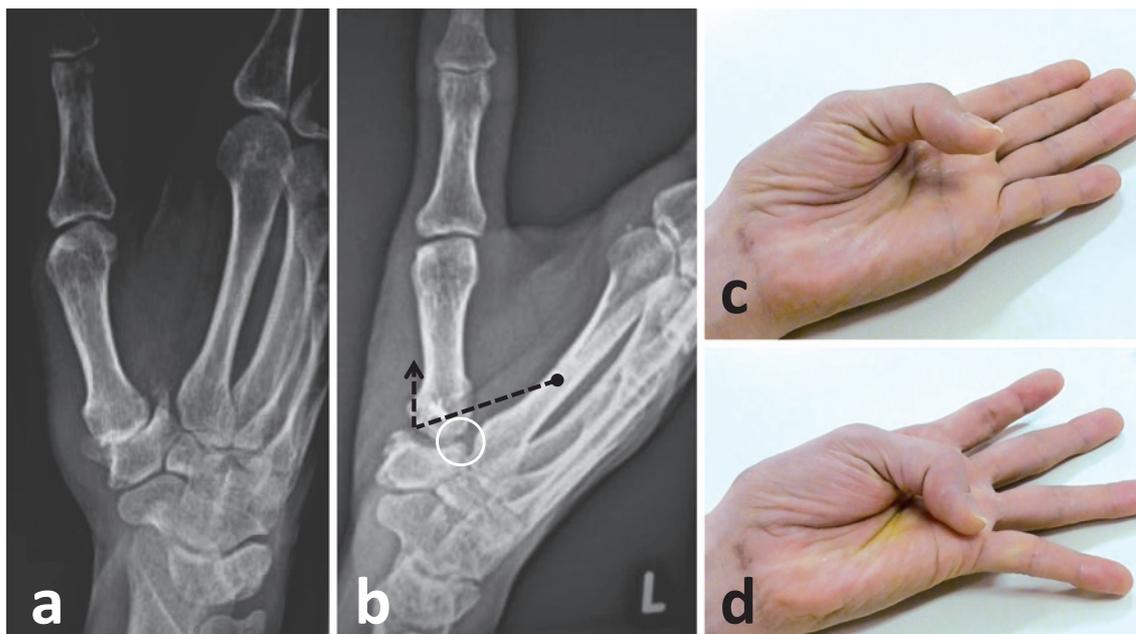


Fig. 3 Case 2, a 54-year-old woman

a) The preoperative plain radiograph revealed stage III thumb carpometacarpal arthritis. b) The plain radiograph taken 3 months after surgery. While the trapezium was preserved, osteophyte resection (circle) and suspension arthroplasty with the palmaris longus tendon (**black arrow**) were performed. c) Before the middle finger exercise (EX), the patient was unable to touch the palm with the thumb tip. d) After the middle finger EX, she became able to do so.

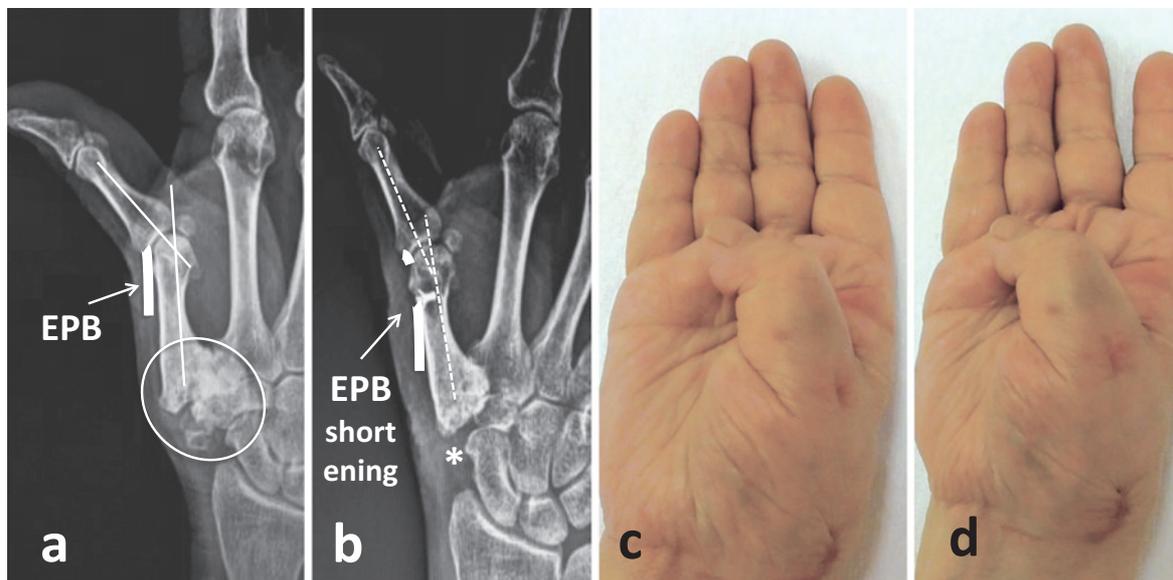


Fig. 4 Case 3, a 79-year-old woman

a) The preoperative plain radiograph revealed advanced, stage IV thumb carpometacarpal (CMC) arthritis accompanied by hyperextension deformity of the metacarpophalangeal (MP) joint. b) The plain radiograph taken 3 months after surgery. For thumb CMC arthritis, the trapezium was resected, followed by arthroplasty with half of the flexor carpi radialis tendon (*). For MP joint deformity, the attachment site of the extensor pollicis brevis (EPB) tendon was shortened. c) Before the middle finger exercise (EX), the patient was only able to oppose the thumb tip to the ring finger base. d) After the middle finger EX, she became able to oppose the tip to the small finger base.

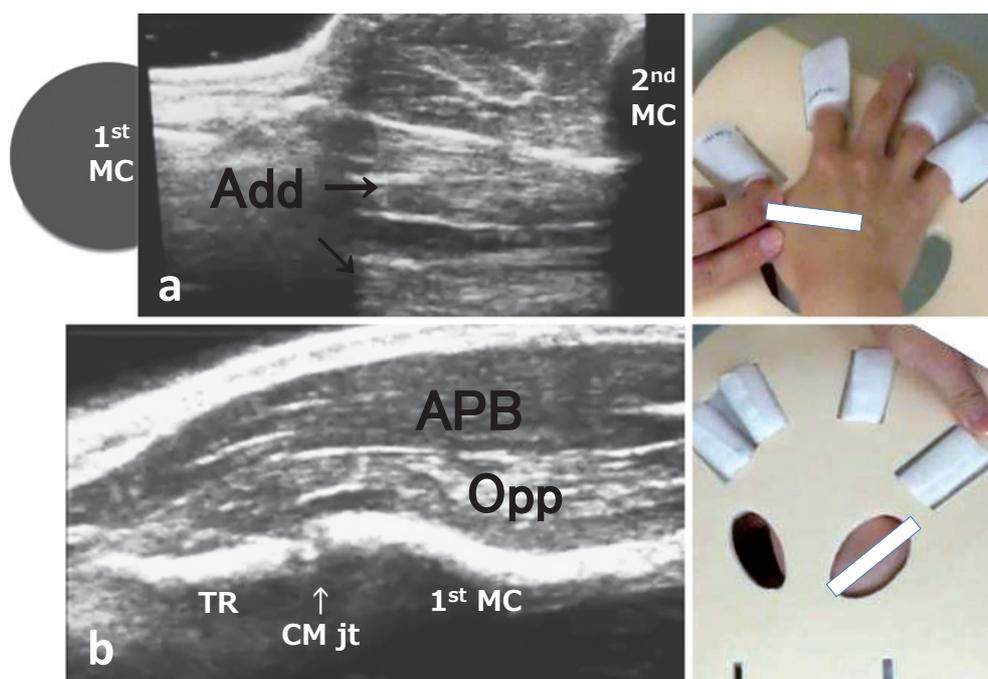


Fig. 5 Results of ultrasonography; the white bars in the images on the right indicate the location of the echo probe. a) The axial image of the dorsal aspect between the first and second metacarpal bones revealed contraction of the adductor (Add) of the thumb in tandem with the middle finger exercise (EX). b) The longitudinal image of the palmar aspect along the thenar revealed contraction of the abductor pollicis brevis (APB) and the opponens pollicis (Opp).

(5) 手術後3カ月の単純X線にて、3症例とも、大菱形骨腔またはCM関節腔裂隙が良好に維持していることが確認された。

2. 研究2の結果

(1) 超音波検査では、中指EXに連動してAdd・APB・Oppの筋収縮が確認された (Fig. 5)。(2) 表面筋電図では、中指EXに連動してAPB・ADMの収縮が確認され、APBは橈側外転時に、ADMは尺側外転時に、より収縮が強くみられた (Fig. 6)。

考 察

手指機能の根幹を支える手のアーチを構成する内在筋に着目した中指EXは、3症例ともに、Kapandjiスコア、TPD、母指対立運動の可動域を即時的に改善させた。また、超音波検査・表面筋電図の計測により、中指EXに連動した母指対立運動に関与する筋群の収縮が観察された。

今回、着目した内在筋に関与する遠位横アーチの先行研究では、白石らは、遠位横アーチは各指の位置、バランスの調整や力配分など手全体のフォームの柔軟

な動的変化に関わっていると報告している⁵。また矢崎は、MP関節は、類上関節であるため、生理的動揺性が確保されなければ手の握り、つまみ動作は実現できない⁶としている。これらから、母指CMOA術後の外固定により、母指のみならず遠位横アーチも変性をきたした可能性も考えられ、内在筋に着目する視点は重要と考えられた。

表面筋電図計測で、中指EX中、母指の対立運動に関与する筋群に関節運動を伴わない筋収縮がみられた。筋の固定筋の作用には、動的安定と静的安定とがあるが⁶、APB・ADMともに中指EX時、静的安定の固定筋として作用するためと考えられた。さらに、Addは第3中手骨に横頭・斜頭の起始部を持ち、比較的幅広く走行する筋である⁷。つまり、中指EXにより、中指MP関節付近の内在筋が収縮・弛緩され中指MP関節の生理機能改善に加え、母指筋群へのストレッチ・連動収縮効果に対立改善につながったと考えられた。

中指EXは、術後早期では痛みを感じやすい母指対立動作を、患部を直接動かすことなく改善させ、また即時効果も得られやすいことから術後リハビリテーションに有用である。一方で中指EXが内在筋、外在

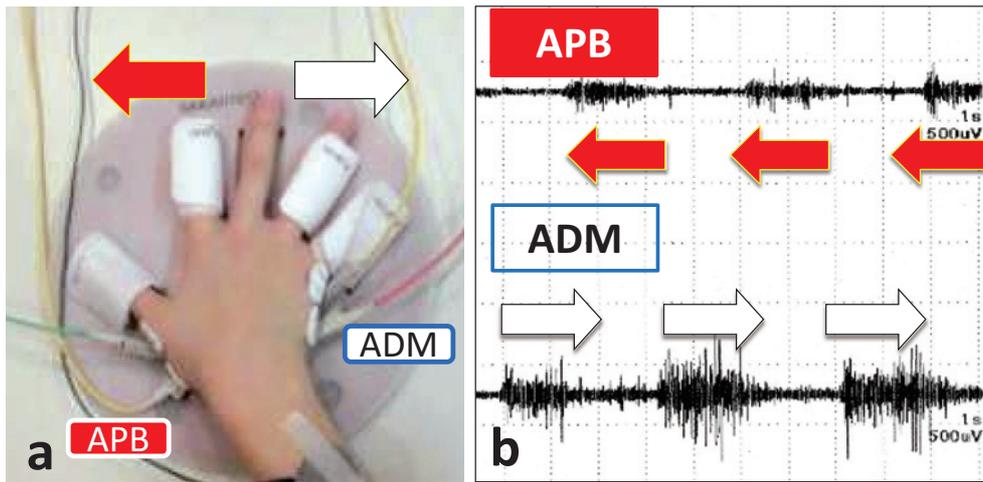


Fig. 6 Results of surface electromyography

- a) Electrodes were attached to the abductor pollicis brevis (APB) and the abductor digiti minimi (ADM).
 b) Both APB and ADM contracted in tandem with the middle finger exercise (EX).
 The level of contraction of APB was greater during radial abduction (**red arrows**), while that of ADM was greater during ulnar abduction (**white arrows**).

筋, 手指全体に及ぼす影響の作用機序には, まだ不明な点が多い. 今後も症例数を増やし, 様々な視点から中指 EX がもたらす効果や影響について検討していきたい.

結 語

1: 母指 CMOA の関節形成術後の母指の対立運動の可動域制限に対して中指 EX を行い, 即時的改善がみられた.

2: 健常手で, 超音波検査と表面筋電図検査を行い, 中指 EX 中に母指対立運動に関わる筋群に連動した収縮が観察された.

謝辞: 本論文に対し, ご指導下さった獨協医科大学リハビリテーションセンター 大林茂准教授, 多くの示唆を与えて下さった目白大学保健医療学部 作業療法学科 矢崎潔教授に深く御礼申し上げます.

文 献

1. Landsmeer JM, Long C: The mechanism of finger control, based on electromyograms and location analysis. *Acta Anat* 1965; 60: 330-347.
2. 弓夫光徳, 溝田勝彦, 村田 伸: エッセンシャル・キネシオロジー 機能的運動学の基礎と臨床. 2010; pp 143-172, 南江堂 東京.
3. 福島敏之, 車谷 洋, 砂川 融: 把持動作における母指と手のアーチの関連性の検討 三次元動作解析による定量的評価. *日本作業療法研究会雑誌* 2013; 16: 48-49.
4. 佐藤明俊, 渡部明子, 森田哲也, 平田 仁, 藤澤幸三: 母指 CM 関節症に対する術前・術後の作業療法. *関節外科* 2007; 26: 40-46.
5. 白石英樹, 村木敏明, 堀田和司, 藤田好彦: 手の遠位横アーチ (第 2~第 5 中手骨) の制限が手指巧緻動作に及ぼす影響. *日本手外科学会雑誌* 2012; 29: 1-5.
6. 矢崎 潔: 手の関節の動き 運動の理解. 2005; pp 28-35, 143-151, メディカルプレス 東京.
7. 上羽康夫: 手 その機能と解剖. 改訂 4 版, 2006; pp 140, 金芳堂 京都.

(受付: 2018 年 3 月 14 日)

(受理: 2018 年 5 月 16 日)