

〔原 著〕

近位指節間関節の回旋許容角度の検討*

真 壁 光** 浅 野 祐 一** 田 村 正 吾**
高 畑 直 司**

Key words : Rotatory Instability 回旋不安定性, Hinge Joint 蝶番関節, Volar Plate 掌側板

【要 旨】

PIP 関節損傷では回旋ストレスによる不安定性を呈する例をしばしば経験する。これを定量的に評価するためにまず正常域の把握が必要と考え、健常指 PIP 関節の回旋許容角度について検討した。健常男性ボランティア 10 名 40 指を対象とした。指伸展位にて徒手の動態 CT 撮影を行い、基節骨頭と中節骨頭掌側面のなす回旋角度および変化量を算出した。

無ストレス下での回旋角度は平均 3.9°外旋位であり、橈側指が外旋位をとる傾向であった。ストレス下での平均変化量は内旋 8.9°/外旋 9.0°、内外旋合わせた総変化量は平均 17.9°であり、いずれも各指間に有為差を認めなかった。

手指 PIP 関節は比較的大きな回旋許容角度を持つ事が明らかになり、高い柔軟性が手指の動作において重要な役割を担うと考える。この範囲を大きく超える場合は手術適応となる可能性がある。

【はじめに】

手指の近位指節間（以下 PIP）関節は屈伸運動のみが可能な蝶番関節に分類されている。PIP 関節損傷に際しては単純 X 線撮影や、場合によっては CT 撮影を用いて骨折の有無やアラ イメントの確認が必要である。さらに関節動揺



図 1 動態撮影

左：無ストレス下。
右：回旋ストレス下。中節骨の背側動揺性をみとめる。

性が疑われれば動態撮影にて tilting, sliding など不安定性の評価を行い、治療方針が決定される。

PIP 関節背側脱臼整復後や掌側板付着部損傷例に対して動態撮影を行うと、側方ストレスによる tilting が非常に小さくても中節骨への回旋ストレス下で背側方向の動揺性を呈する例を時に経験し、治療方針の決定に迷う事があるが(図 1)、PIP 関節の回旋不安定性の定義や病的意義に関するまとまった報告は見当たらない。著者らは損傷 PIP 関節の回旋方向への動揺性を評価する上でまず正常域の把握が必要と考え、健常指 PIP 関節の回旋許容角度を調査した。

【対象と方法】

健常男性ボランティア 10 名(24~42 歳, 平均 32 歳) の利き手示指から小指まで、計 40 指の

*Passive Range of Rotation Proximal Interphalangeal Joint

**Makabe, H., Asano, Y., Tamura, S., Takahata, N. : 勤医協苫小牧病院整形外科

PIP 関節を分析対象とした。全例当該手の受傷歴や罹患歴、重労働への従事歴は無かった。

撮影は東芝社製 Aquilion 8 を用い、撮影条件は 120 kV/150 mA、スキャン時間は 0.5 sec、スライス厚は 1 mm に統一した。寝台に腹臥位となった被検者の利き手側の肩関節を屈曲かつ肘関節と手関節を伸展させて手指をガントリ内に置き、あらかじめマーキングした回旋中心軸に対象指の骨軸を一致させる。完全伸展した PIP 関節に対して(1)無ストレス下、(2)内旋ストレス下、(3)外旋ストレス下での動態 CT 撮影を行った。動態撮影に際して検者はガントリを挟んで被検者の頭側に立ち、左手の母示中指で対象指基節部中央を、右手母示中指で対象指中節骨頭部を把持し、基節骨-中節骨間に徒手的に最大トルクをかけた状態でスキャンを行った。動態撮影は全て同一検者が行った。

得られた軸位断画像データから、基節骨頭と中節骨頭の掌側面のなす角度およびその変化量を DICOM/PACS ソフトウェアで算出した(図 2)。なお、両骨の回旋角度はそれぞれ骨頭の軸位断像が最大幅となる部位で計測し、基節骨に対する中節骨の外旋を正方向、内旋を負方向とした。各指について内外旋幅の合計から総変化量を求め、これを PIP 関節の回旋許容角度とした。統計学的検討には unpaired t-test を用い、

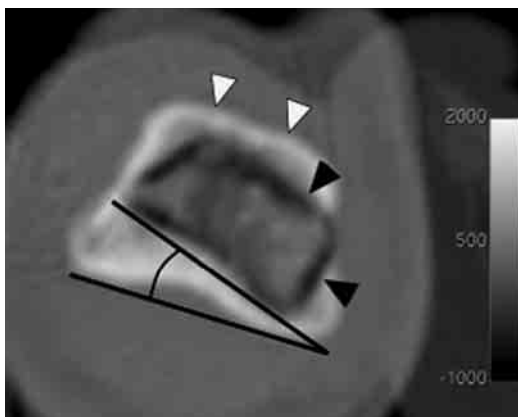


図 2 動態 CT

▷：基節骨頭。▶：中節骨頭。両者の掌側面がなす角度を計測する。

有意水準は $p < 0.05$ とした。

【結 果】

無ストレス下において基節骨頭と中節骨頭のなす角度は、示指から小指の順に $8.5 \pm 0.8^\circ$ 、 $7.7 \pm 0.9^\circ$ 、 $0.1 \pm 0.6^\circ$ 、 $-0.7 \pm 1.8^\circ$ (全指平均 3.9° 外旋位)であり、橈側 2 指が尺側 2 指よりも自然肢位でやや外旋位を取る傾向であった。

内旋ストレス下では全指平均 8.9° の変化を認めた。中指環指の内旋幅がやや大きい傾向であったが、各指間で有意差を認めなかった(示指 vs 中指： $p = 0.058$ ，示指 vs 環指： $p = 0.051$ ，中指 vs 小指： $p = 0.470$ ，環指 vs 小指： $p = 0.328$)。

外旋ストレス下では全指平均 9.0° の変化を認めた。小指の外旋幅がやや大きい傾向であったが、他指と有為差を認めなかった(示指 vs 小指： $p = 0.322$ ，中指 vs 小指： $p = 0.558$ ，環指 vs 小指： $p = 0.155$)。

内外旋合わせた総変化量は全指平均 17.9° であり、やはり各指間に有為差を認めなかった(表 1)。

【考 察】

PIP 関節の可動域は手指の機能において非常に重要な位置を占める。Ball and socket type で三次元的に広い可動性を持つ中手指節間(以下 MP) 関節¹⁾と異なり一軸性の蝶番関節であるため²⁾、そもそも屈伸方向以外の運動許容範囲に関しては注目されていない。一般的に PIP 関節損傷に伴う大きな不安定性に対しては手術が推奨され、橈尺側への動揺性を伴う側副靭帯損傷に対する靭帯修復や、背側脱臼性を伴う掌

表 1 回旋ストレス下の角度変化。

	内旋	外旋	内外旋合計
示指	$7.3 \pm 0.7^\circ$	$8.2 \pm 1.1^\circ$	$15.5 \pm 1.5^\circ$
中指	$9.7 \pm 1.0^\circ$	$9.0 \pm 0.9^\circ$	$18.7 \pm 1.6^\circ$
環指	$10.3 \pm 1.3^\circ$	$8.3 \pm 1.0^\circ$	$18.6 \pm 1.8^\circ$
小指	$8.5 \pm 1.3^\circ$	$10.4 \pm 1.0^\circ$	$18.9 \pm 1.4^\circ$
全指平均	8.9°	9.0°	17.9°

側板付着部損傷に対する治療法はある程度確立されている³⁾⁴⁾⁵⁾。一方、PIP 関節の回旋方向への不安定性に関して言及した報告は渉猟し得ず、責任部位や病的意義、手術適応などはいまだ明らかでない。ただし、臨床所見のみから橈尺方向と回旋方向の動揺性を独立した病態と見なすのは困難であり、cord like portion の単独損傷による側方への不安定性を回旋方向への「ゆるみ」として見る可能性もある。側副靭帯、副靭帯、掌側板など PIP 関節支持組織の役割を詳細に把握するには、死体肢実験や生体工学的アプローチによる詳細な解析が待たれる所だが、本来の運動軸と異なる方向への不安定性が関節症性変化の原因となり得るのは容易に理解し得る。

Eaton らは PIP 関節伸展位では側副靭帯の掌側線維が緊張すると述べている⁶⁾。また南川らは、PIP 関節伸展位では副靭帯が掌側板を緊張させて安定性を保ち、PIP 関節側方動揺性は伸展位と最大屈曲位で小さく 30-60°屈曲位で最大値をとると報告した⁷⁾。一般的に PIP 関節側副靭帯の緊張度は屈伸によってほとんど変化しないといわれているが、実際には PIP 関節の動揺性の臨床的評価は伸展位でなされる事が多く、回旋方向に関しても副靭帯、掌側板を含めた周囲支持組織が総合的に最も緊張する伸展位で検討する事が妥当だと考える。

今回の結果ではストレス下での回旋角度の変化は内外旋間でほぼ等しく、様々な方向からの衝撃を吸収する事が可能である。本研究は伸展位での計測であり、屈曲位では副靭帯や掌側板の緊張が緩むため回旋許容角度はさらに拡大すると推察できる。手指に比べ大関節ではあるが、同じ蝶番関節であり従来から回旋運動が指摘されている脛骨大腿関節においてすら内旋/外旋可動域は約 10°/7°とされている事を鑑みても⁸⁾、PIP 関節は回旋方向への高い柔軟性を持つと言える。この柔軟性こそがつまみ動作においてしっかりした把持を可能にし、書字や箸の使用、楽器演奏などの手指の精緻かつ俊敏な動

作において不可欠であろう。

今回の検討により、健常指 PIP 関節は比較的大きな回旋許容角度を持つ事が明らかになった。tilting や sliding と同様に、関節動揺性の一動態として周囲支持組織損傷の評価に活用できる可能性がある。PIP 関節損傷に際しては X 線撮影に加えて場合によってはストレス下単純 CT 撮影も考慮し、回旋許容角度を大きく超える場合は支持組織の修復も検討して良いと考える。

本研究結果が、損傷 PIP 関節の病態を回旋方向への動揺性という新たな側面から理解する一助になれば幸いである。

本稿の要旨は第 122 回北海道整形災害外科学会にて発表した。

本論文に関して、開示すべき利益相反状態は存在しない。

【ま と め】

1. PIP 関節の回旋許容角度の計測には、回旋ストレス下での動態 CT 撮影が有効であった。
2. 全指平均で内外旋合計 17.9°の回旋許容角度であった。
3. 損傷 PIP 関節の動揺性評価においては、必要ならば単純 CT 撮影による回旋角度の計測も考慮すべきである。

参 考 文 献

- 1) Minami A, An KN, Cooney WP 3rd et al.: Ligament stability of the metacarpophalangeal joint: a biomechanical study. J Hand Surg, 10-A: 255-60, 1985.
- 2) Kuczynski K.: The proximal interphalangeal joint. Anatomy and causes of stiffness in the fingers. J Bone Joint Surg Br, 50: 656-63, 1968.
- 3) 橋詰博行, 伊藤一忠, 上羽康夫ら: PIP 関節側副靭帯損傷の病態と治療. 日手会誌, 2: 493-496, 1985.
- 4) 岩倉業穂子, 齊藤忍, 國吉一樹. 手指 PIP 関節側副靭帯損傷の治療成績の検討. 日手会誌, 25: 707-709, 2009.

- 5) 坪根徹, 阿部幸雄, 富永康弘. 手指 PIP 関節掌側板損傷に対する手術療法の検討. 日手会誌, 25: 44-47, 2008.
- 6) Eaton RG.: Joint injuries of the hand. Springfield, Illinois, Charles C. Thomas, 3-8, 1971.
- 7) 南川義隆, 堀井恵美: PIP 関節側方動揺性に関する実験. 日手会誌, 10: 7-10, 1993.
- 8) 畑山猛彦, 伊藤秀幸, 柴田沙矢香ら: 脛骨大腿関節のアライメントと回旋可動域に関する検討. 愛知県理学療法学会誌, 21: 16-17, 2009.

Abstract

Pathological mechanism and significance of rotatory instability in proximal interphalangeal joint of finger is not clarified, and no reports are available about the range of rotation. Determination of the normal range is considered to be an important factor to recognize the clinical state of injury from the standpoint of rotatory instability. We analyzed CT image data of 40 fingers of ten healthy males. With manual rotatory stress to proximal and middle phalanx in the opposite direction, the rotatory angle formed volar lines of both bone was measured. The average value extended to 8.9° in internal rotation, 9.0° in external rotation, and 17.9° in total rotation. There were no significant differences between each fingers. We found that PIP joint have relatively large range of rotation and predict that the flexibility can play a role in sophisticated motions of the finger.