

## 【要約】

Evaluation method and reference value of thumb pronation angle in thumb opposition: Analysis of the nail tip angle of thumb-ring finger opposition

(母指対立運動における母指回内角度の評価法と基準値：母指環指爪面对向角度の解析)

千葉大学大学院医学薬学府

先端医学薬学専攻

(主任：大鳥精司教授)

谷口 慎治

## 【背景】

母指対立運動は手の重要な機能である。その母指対立運動は外転、回内、屈曲の3つの動きの組み合わせである。なかでも母指の回内運動は母指対立運動に重要な動きであるが、外転、屈曲運動と違い定量化することが難しい。そこで過去に母指が回内するとき母指爪面が掌と直角の位置から平行に90°回転すると Bunnell が報告したことに着目し (Bunnell, 1938)、母指と環指が対立した時の爪面の対向角 (T-R angle) を計測することにより母指回内運動を評価することができるかと仮説を立てた。さらに各年齢層の T-R angle の基準値を算出することで評価法としてより正確性を高めることができると考えた。本研究の目的は T-R angle が母指対立運動時の母指回内角度の評価法として有用であることを証明し、各年齢層の基準値を示すことである。

## 【対象と方法】

本研究は横断的研究である。この研究は、千葉大学大学院医学研究院の倫理委員会から承認を受け、すべての患者から同意を得た。

対象は2021年10月から2022年3月にかけて、年齢により6 group (Group 50人ずつ) にわけて募集された健常ボランティア300人600手であった。(Group 1: 20-39歳、Group 2: 40-49歳、Group 3: 50-59歳、Group 4: 60-69歳、Group 5: 70-79歳、Group 6: 80歳以上) 各 Group 男性25名、女性25名ずつとした。除外基準は、手指の疼痛、変形、麻痺、感覚障害、拘縮、外傷歴のある者、指示された動作に従えない者であった。

### (研究1) 母指回内角度と T-R angle の関係

Group 1 から12名 (男性6名、女性6名) を無作為に選出した。

母指回内角度は、木製の台に前腕回外90度の位置で前腕、手掌を固定し、様々な T-R angle を計測するために、母指と環指の指尖部が触れる対立運動を30回行わせ、FASTRAK system (Polhemus Inc, Colchester, VT) を使用して計測した。

さらに、母指回内角度を計測したと同時に、環指爪面を正面として写真を撮像し、image J を使用し T-R angle を計測し、それぞれの相関について検討した。T-R angle は検者2名が2回ずつ計測し信頼性を評価した。

### (研究2) 各年齢層の T-R angle の計測

300人600手の T-R angle を計測し標準的な記述統計学を用いて、各年齢群の平均 (標準偏差)、95%信頼区間を算出した。信頼性の評価は研究1と同様に行った。また母指環指対立運動を行った時の母指掌側外転角度、MP 関節、IP 関節、環指 MP 関節、PIP 関節、DIP 関節の屈曲角度をゴニオメーターを用いて計測し、T-R angle との相関を検討した。

## 【結果】

### (研究 1) 母指回内角度と T-R angle の関係

対象は男性 6 名、女性 6 名で、平均（標準偏差）年齢は 28.4（4.6）歳であった。母指回内角度は T-R angle と中程度の正の相関を認めた（ $\rho=0.65$ 、 $p<0.01$ ）。T-R angle の級内相関係数は検者内 0.93（95%信頼区間 0.91-0.94）、検者間 0.91（95%信頼区間 0.89-0.93）であった。

### (研究 2) 各年齢層における T-R angle の基準値

対象は平均（標準偏差）年齢 58.7（18.6）歳の健康なボランティア 300 人（男性 150 人、女性 150 人）600 手であった。6 群の T-R angle の平均値（標準偏差）と 95%信頼区間はそれぞれ Group1 : 142.5°(12.4)、117.7-167.3、Group2 : 139.9°(10.1)、119.7-160.1、Group3 : 142.3° (9.7)、122.9-160.5、Group4 : 140.2° (12.6)、115.0-165.4、Group5 : 138.3° (11.9)、114.5-162.1、Group6 : 135.4° (13.0)、109.4-161.4 であった。傾向検定を行った結果、年齢とともに T-R angle の基準値は低下する傾向を認めた( $p<0.001$ )。T-R angle と母指と環指の各関節の角度では、母指 MP 関節の屈曲角度のみ弱い負の相関を示した（ $\rho=-0.23$ 、 $p<0.001$ ）。T-R angle の級内相関係数は検者内 0.98（95%信頼区間 0.97-0.98）、検者間 0.98（95%信頼区間 0.97-0.98）であった。

## 【考察】

現在、臨床で最もよく用いられている母指対立運動の評価法は Kapandji score であるが（Claire ら, 2017; Zhang ら, 2015; Barakat ら, 2013）、母指球筋が萎縮している重度の手根管症候群の患者でも高得点を得ることが可能である。したがって、Kapandji score は母指回内の評価には適していないといわれている（Kuroiwa ら, 2019; Dilokhuttakarn ら, 2017）。

研究 1 では、臨床現場で簡便に評価できる方法を確立するために、T-R angle が母指回内角度の評価に適しているかどうかを検討した。母指回内時に手掌に対する母指の爪表面の位置の変化を観察した過去の報告（Bunnell, 1938）をもとに、FASTRAK のセンサーを母指の爪表面に装着して母指回内角度を計測した。FASTRAK は空間解析のための 3 次元モーショントラッキングシステムで、過去に母指回内角度の計測に使用されている（Iwase ら, 2021）。

本研究では、母指回内角度の最大値はほぼ 80° であり、母指回内時に母指の爪表面が手掌と直角の位置から平行に 90° 回転する（Bunnell, 1938）とした過去の報告と大きな違いはなかった。本研究では、母指と環指が触れる位置を触る位置で回内角度を計測したため、母指が完全に回内する前に計測された可能性があり、母指回内角度が若干低く計測されたと考えた。

Cheema らは、母指が示指、中指、環指、小指と対立する時の第 1 中手骨の回内角度を評価し、示指から小指にかけて回内角度が大きくなると報告している（Cheema ら, 2006）。

このことから、小指と対立時の母指回内角度を計測することで個人の最大回内角度を評価することができるが、小指の CM 関節の可動域は他に比べて大きく、爪面对向角度に大きく影響することが懸念された。そこで、CM 関節の可動の影響を避け、できるだけ大きな回内角度を計測するために、中指、小指とともに環指を屈曲させ、母指と環指の爪面が対向するときになす T-R angle を評価法として提唱した。

また、環指爪面を正面として撮影し、計測軸とすることで、母指の爪面の変化を安定的に評価することができた。本計測法の級内相関係数は検者内、検者間ともに 0.80 以上と非常に高かった。また、T-R angle と母指回内角度の間には中程度の正の相関 ( $\rho = 0.65$ ) があり、T-R angle の計測は母指回内角度の評価に適していることが示された。

研究 2 では、各年齢群の T-R angle の 95%信頼区間を基準値として算出した。参加者は手の愁訴のない健康なボランティアであったが、どの Group も T-R angle の基準値は約  $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$  と大きな幅があった。これは、関節の適合性 (Eni ら, 2014) や関節弛緩性 (Glickel ら, 2006) の個人差に影響されていると考えられた。

また T-R angle の基準値は、年齢層が上がるにつれて低下する傾向を認めた。Signori らは、センサー付き手袋を用いて母指対立運動を評価し、年齢とともに機能が低下することを明らかにした (Signori ら, 2017)。さらに、通常に加齢に伴う筋力低下 (サルコペニア) (Voermans ら, 2006) や関節の変性 (Eni ら, 2014) も報告されており、このことが影響していると考えられた。そのため、T-R angle は年齢層に応じて評価する必要があると考えた。

また、各指関節の可動域との相関では、母指 MP 関節の屈曲角度のみに弱い負の相関が認められたが、相関係数は低く ( $\rho = -0.23$ )、影響はないといえる。そのため、本評価法は他の可動域に影響を受けずに母指回内運動を適切に評価できることを示した。

さらに、本評価法は従来問題となっていた侵襲性、コスト、労力、特別な装置を必要としないため、臨床現場で容易に評価可能である。これにより母指回内運動障害の診断や治療の評価、手術手技の選択の一助となる可能性がある。

#### 参考文献

- Barakat MJ, Field J and Taylor J. The range of movement of the thumb. Hand (N Y). 2013, 8: 179-82.
- Bunnell S. Opposition of the thumb. J Bone Joint Surg. 1938, 20: 269-84.
- Cheema TA, Cheema NI, Tayyab R and Firoozbakhsh K. Measurement of rotation of the first metacarpal during opposition using computed tomography. J Hand Surg Am. 2006, 31: 76-9.
- Claire MD, Bernard A, Chung YS, Sheung WL and Wing YL. Thumb functional and electromyography result after modified camitz tendon transfer. J Hand Surg Asian Pac. 2017, 22: 275-80.
- Dilokhuttakarn T, Naito K, Kinoshita M et al. Evaluation of thenar muscles by MRI in carpal

tunnel syndrome. *Exp Ther Med*. 2017, 14: 2025-30.

- Eni H, Douglas CM, Tarpit KP et al. Thumb carpometacarpal joint congruence during functional tasks and thumb range-of-motion activities. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*. 2014, 2014: 4354-7.
- Glickel SZ and Gupta S. Ligament reconstruction. *Hand Clin*. 2006, 22: 143-51.
- Iwase M, Matsuura Y, Kuniyoshi K et al. Biomechanical evaluation of opponensplasty for low median palsy: a cadaver study. *J Hand Surg Glob Online*. 2021, 3: 74-80.
- Kuroiwa T, Nimura A, Suzuki S et al. Measurement of thumb pronation and palmar abduction angles with a small motion sensor: a comparison with Kapandji scores. *J Hand Surg Eur Vol*. 2019, 44: 728-33.
- Signori A, Sormani MP, Schiavetti I et al. Quantitative assessment of finger motor performance: normative data. *PLOS ONE*. 2017, 12: e0186524.
- Voermans NC, Schelhaas HJ, Munneke M and Zwarts MJ. Dissociated small hand muscle atrophy in aging: the 'senile hand' is a split hand. *Eur J Neurol*. 2006, 13: 1381-4.
- Zhang X, Wang T and Wan S. Minimally invasive thumb carpometacarpal joint arthrodesis with headless screws and arthroscopic assistance. *J Hand Surg Am*. 2015, 40: 152-8