

示指 DIP, PIP, MP 関節の伸展トルク値の測定

西村 誠次 生田 宗博 柴田 克之
岩崎テル子 鴻 真一郎 麦井 直樹*
横山 真美* 島崎 悦子*

KEY WORDS

extensor torque, index finger, extensor digitorum

はじめに

手指の伸展機構は複雑であり、示指の伸展運動に
関与する力源筋は、指伸筋、固有示指伸筋、骨間筋、
虫様筋であり、また直接力源に連絡しない補助組織
として矢状索、骨間筋腱膜、支靭帯がある^{1,2)}。遠
位指節間関節（以下、DIP 関節）と近位指節間関節
（以下、PIP 関節）の伸展運動では、主に骨間筋と
虫様筋が働くが、中手指節関節（以下、MP 関節）
が屈曲している時には、指伸筋が PIP 関節伸展に強
く作用する。MP 関節の伸展では、指伸筋、固有示
指伸筋が働き、特に指節間関節（以下、IP 関節）
が伸展位の場合は、指伸筋の作用は大きい²⁾。

本研究では、健常人の示指で自作の指押し力測定
器具^{3,4)}を用いて、示指の伸展運動による指押し力
を測定し、DIP 関節、PIP 関節、IP 関節屈曲位と伸
展位での MP 関節の伸展トルク値を算出し、各関節
での力源筋の関与を検討した。

対 象

対象は健常女性20名（年齢 20.6 ± 1.6 歳）の左右の
示指の計40指で、指先部から DIP 関節中央部まで
の長さは 22.6 ± 1.3 mm、DIP 関節中央部から PIP 関
節中央部までは 21.0 ± 1.7 mm、PIP 関節中央部から MP
関節中央部までは 39.8 ± 2.3 mmであった。

方 法

自作の指押し力測定器具⁴⁾のセンサー部は、長さ
100mmのステンレス棒で、最上部の形状は直径15mm
の球面に加工し、この部に指背を当て各々の指押し
力を測定した。最下部の形状は一辺8mmの角柱で、
4枚の歪みゲージ（日本電気三栄社製、N11-FA-10-
120-11）を各面に1枚ずつ貼付し、4枚の内、対面
2枚の歪みゲージで指押し力のX軸方向分力（指の
腹背側方向の分力）を、他の対面2枚の歪みゲージ
でY軸方向分力（指の長軸方向の分力）を各々測定

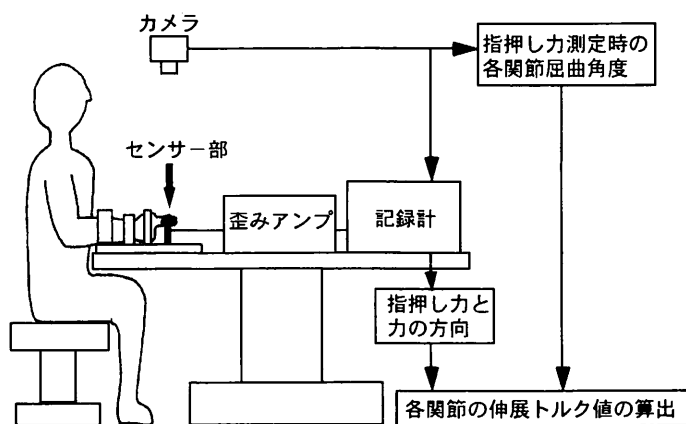


図1. 実験器具の概略図（文献4より引用、一部改変）

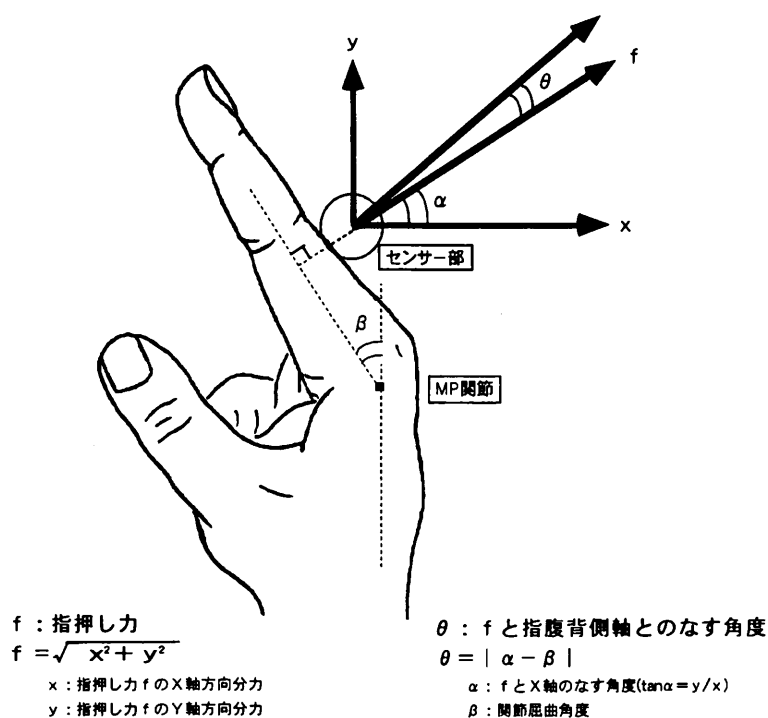
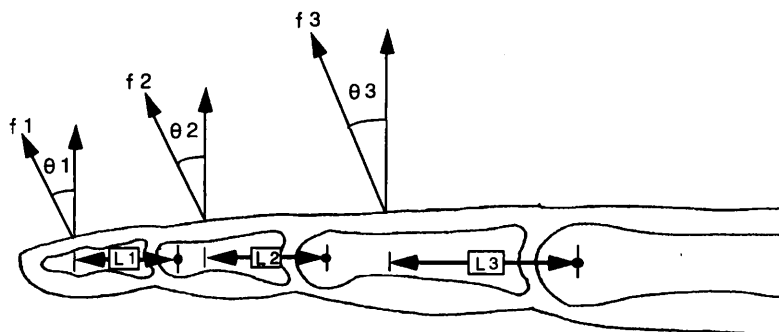


図2. 指押し力 f と、指押し力と指腹背側軸とのなす角度 θ の算出方法



$$\text{伸展トルク値} = f_n \times \cos \theta_n \times L_n$$

f , θ , L の各々に付した数字 n (1,2,3) は各々 DIP, PIP, MP 関節を示す。 f は各関節の伸展運動による指押し力、 θ は指押し力と指の腹背側軸とのなす角度、 L は各関節中央部から指押し力の測定部位までの距離である。

図3. 各関節の伸展トルク値の算出方法

し、X 軸と Y 軸方向の力の合力である指押し力 f を測定した。この 4 枚の歪みゲージは歪みアンプ（日本電気三栄社製、6M92）に接続し、記録計（日本電気三栄社製、8K20）で記録した（図1）。またこの時ステンレス棒の上方から、各関節の屈曲角度をカメラ（NIKON 社製、F3）で測定し、指押し力 f と、指押し力と指の腹背側軸とのなす角度 θ を測定した（図2）。そして、各関節中央部から指押し力 f の測定部位までの距離 L と、 f の直交成分を乗じて各関節の伸展トルク値を算出した（図3）。

被験者の前腕と手関節は、中間位で測定器具の基盤に固定し、DIP 関節の測定では末節骨部、PIP 関節では中節骨部、MP 関節では基節骨部の指背を、ステンレス棒の最上部の球面に当て計測し、MP 関節伸展のみは IP 関節屈曲位と伸展位の 2 通りで、各々測定を 3 回おこない最大値を記録した。

結 果

指押し力 f と X 軸のなす角度 α と、関節屈曲角度 β 、指押し力 f と指腹背側軸とのなす角度 θ 、各関

表 1. 角度 α , β , θ 及び, 距離 L と指押し力 f

	DIP関節	PIP関節	MP関節 (IP関節屈曲位)	MP関節 (IP関節伸展位)
角度 α (度)	34.1 ± 13.3	35.1 ± 13.6	36.3 ± 12.4	33.5 ± 13.5
角度 β (度)	31.8 ± 8.0	26.7 ± 9.5	40.0 ± 11.0	34.9 ± 10.3
角度 θ (度)	6.9 ± 4.7	9.1 ± 6.8	6.6 ± 6.3	7.5 ± 5.6
距離 L (mm)	12.4 ± 2.3	16.5 ± 2.2	32.0 ± 3.5	31.3 ± 3.7
指押し力 f (kg)	1.02 ± 0.22	1.56 ± 0.29	0.72 ± 0.22	1.03 ± 0.34

角度 α は指押し力 f と X 軸とのなす角度, 角度 β は関節屈曲角度, 角度 θ は指押し力 f と指腹背側軸とのなす角度, 距離 L は関節中央部から指押し力の測定部位までの距離, 指押し力 f は伸展運動による指押し力である.

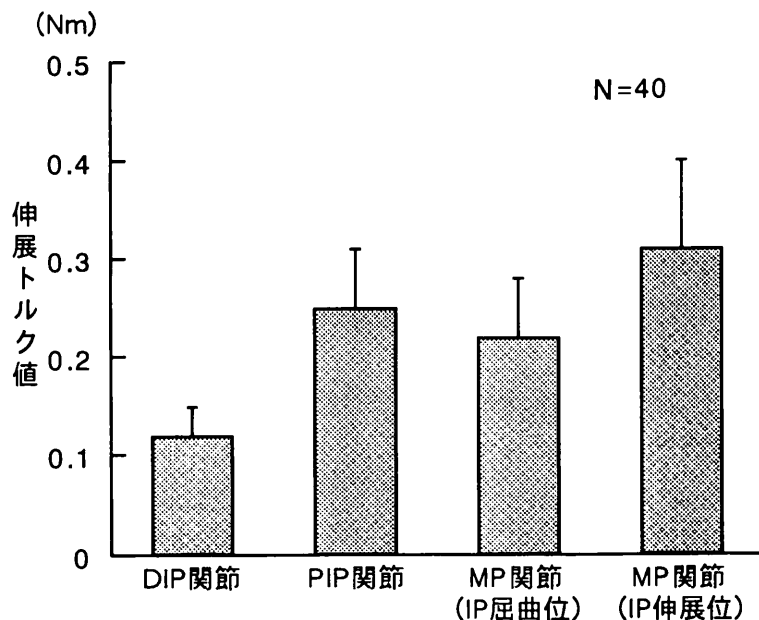


図 4. 各関節の伸展トルク値

節中央部から指押し力の測定部位までの距離 L, 指押し力 f の結果を表 1 に示す。指押し力の DIP 関節は 1.02 ± 0.22 kg, PIP 関節は 1.56 ± 0.29 kg, MP 関節では IP 関節屈曲位で 0.72 ± 0.22 kg, IP 関節伸展位で 1.03 ± 0.34 kg であり, PIP 関節が最も大きく, MP 関節での IP 関節屈曲位が最も小さかった。各関節での伸展トルク値では (図 4), DIP 関節が 0.12 ± 0.03 Nm で最も小さく, PIP 関節は 0.25 ± 0.06 Nm, IP 関節屈曲位での MP 関節は 0.22 ± 0.06 Nm, IP 関節伸展位での MP 関節は 0.31 ± 0.09 Nm で最も大きく ($P < 0.05$), 各々 1 : 2 : 1.8 : 2.5 であった。

考 察

DIP 及び, PIP 関節の伸展力の力源は, 指伸筋腱から側索及び, 中央索への腱線維を介して作用する指伸筋と, 側索及び, 中央索への腱線維を介して作用する骨間筋と虫様筋がある。両関節では, MP 関節が屈曲位であれば指伸筋が強く働き, 伸展位では骨間筋が強く作用し, 虫様筋は屈曲, 伸展位ともに一定に関与する²⁾。本研究の DIP 伸展トルクでは PIP, MP 関節を, PIP 伸展トルクでは MP 関節を伸展位に固定しており, DIP, PIP 伸展トルクの力源は, とともに骨間筋と虫様筋であると考えられた。

MP 関節伸展の力源は、指伸筋と固有示指伸筋であり、特に、指伸筋は、PIP 関節の伸展位で基節骨への停止腱が緊張し、MP 関節伸展に強く働く。しかし、PIP 関節が屈曲位では、基節骨への停止腱は弛緩し、指伸筋の MP 関節への作用は小さくなる²⁾。本法の MP 伸展トルクで、IP 関節伸展位の方が屈曲位より大きかったのは、IP 関節伸展位での MP 関節で、指伸筋はより強く働いたためであり、また屈曲位では、屈筋群の拮抗作用により伸展力が減少したためとも考えられた。

指押し力⁴⁾及び指先力⁵⁾は、関節中央部からセンサー部までの距離、すなわちモーメントアームが各関節で異なるため、関節に働く力源筋の評価としては不十分である^{4, 6, 7)}。本研究の PIP 関節伸展の指押し力は1.56kgで最も大きかったが、MP 関節のモーメントアームは PIP 関節の約2倍であったため、PIP 伸展トルクは0.25Nm、IP 関節伸展位での MP 伸展トルクは0.31Nm で、MP 伸展トルクの方が大きかった。これは、MP 関節の力源筋である指伸筋、固有示指伸筋の筋張力の和が、PIP 関節での骨間筋、虫様筋の筋張力の和^{2, 6)}より大きかったためと考えられた。

まとめ

健常女性20名(年齢20.6±1.6歳)40手の示指で、自作の指押し力測定器具を用いて、DIP, PIP 関節, IP 関節屈曲位と伸展位での MP 関節の伸展トルク値を算出した。DIP 関節の伸展トルクは0.12±0.03 Nm, PIP 関節は0.25±0.06Nm, IP 関節屈曲位での MP 関節は0.22±0.06Nm, IP 関節伸展位での MP 関節は0.31±0.09Nm で最も大きく (P<0.05), 各々 1 : 2 : 1.8 : 2.5であった。

文 献

- 1) 島津 晃: キネシオロジーよりみた運動器の外傷, 44-47, 金原出版, 1999.
- 2) 上羽康夫: 手 その機能と解剖, 第3版, 109-160, 金芳堂, 1996.
- 3) 西村誠次 他: 指押し力測定による手指筋力評価の試み, 作業療法13: 409-415, 1994.
- 4) 西村誠次 他: 示指屈曲運動での各関節トルク値と筋トルク値の測定, 作業療法15: 426-433, 1996.
- 5) 円尾宗司 他: 指尖把持力の分析 第2報, 整形外科20: 1487-1488, 1969.
- 6) Brand, P.W.: Clinical mechanics of the hand. 50-196, Mosby, St. Louis, 1985.
- 7) Nordin, M.: Basic biomechanics of the musculoskeletal system. 289-299, Lea & Febiger, Philadelphia, 1989.

Measurement of extensor torque in distal and proximal interphalangeal and metacarpophalangeal joints of the index finger

Seiji Nishimura, Munehiro Ikuta, Katsuyuki Shibata, Teruko Iwasaki
Shinichiro Bisyago, Naoki Mugii, Mami Yokoyama, Etsuko Shimazaki