



北海道公立大学法人
札幌医科大学
Sapporo Medical University

札幌医科大学学術機関リポジトリ *ikor*

SAPPORO MEDICAL UNIVERSITY INFORMATION AND KNOWLEDGE REPOSITORY

Title	手の運動の基本パターンと機能
Author(s)	中村, 眞理子; 澤田, 雄二
Citation	札幌医科大学保健医療学部紀要, 第 7 号: 5-9
Issue Date	2004 年
DOI	10.15114/bshs.7.5
Doc URL	http://ir.cc.sapmed.ac.jp/dspace/handle/123456789/4890
Type	Journal Article
Additional Information	
File Information	n1344919275.pdf

- コンテンツの著作権は、執筆者、出版社等が有します。
- 利用については、著作権法に規定されている私的使用や引用等の範囲内で行ってください。
- 著作権法に規定されている私的使用や引用等の範囲を越える利用を行う場合には、著作権者の許諾を得てください。

手の運動の基本パターンと機能

中村眞理子, 澤田 雄二

本論は、ヒトの手の動きに関する研究を概観したものである。ヒトの手は、物体を把持し操作する中で重要な役割を果たしている。Schlesinger以来、多くの研究者が様々な作業を対象として把握のパターンを分類した。その中でNapierはpower gripとprecision gripという2つの主要なパターンを提唱している。また鎌倉らは物体をつかむのに適応して手の形が決定されるとした。これらの研究から、手の形のパターンの分類は完成したといえる。随意運動中の手指の動きに関する研究では、円板を握るという目的を持った動きは、単純な指の屈伸と比較して手指関節は精密な調整をして動いていることを示唆している。手の機能の評価や発達・加齢に関する研究は、ヒトの手の理解に有用である。様々な動作での指関節の動きの特徴を明らかにしていくことにより、リハビリテーション場面で、より滑らかで確実な動作の訓練を行うことができると思われる。

<キーワード> 手指, 手, 機能, 動作パターン

Fundamental movement patterns and functions of the human hand

Mariko NAKAMURA, Yuji SAWADA

This paper reviewed the research articles of movement patterns of the human hand. The human hand plays an important role in the grasping and prehension of objects. Since the report of Schlesinger, many researchers have classified hand movement patterns during various tasks, especially prehension. Napier classified two major prehensile patterns: 1) a power grip, 2) a precision grip. Kamakura et al. determined the static grasping patterns of the hand. From these reports, it may seem that the classification of handling patterns during hand tasks have been fully explored. On the other hand, other studies have been focused on the dynamic voluntary finger. From the report of Nakamura et al., it was suggested that deliberate activities of the finger and sophisticated joint movements provided various adjustments to grasp the disk, as compared to the simple finger extension movement. The study of the evaluation of hand movement and the study development of hand function in infancy and aging also give us some perspectives for understanding human hands. Furthermore, we examined the characteristics in the finger joint movement of many different hand tasks. These studies will be helpful to restore both smooth and secure movements of rehabilitative training.

Key words: finger, hand, function, movement patterns

Bull.Sch.Hlth.Sci. Sapporo Med.Univ.7:5 (2004)

I. はじめに

手の機能障害に対する評価と治療は、作業療法士の重要な役割である。ヒトの日常生活では、手の動きは必要不可欠である。ヒトの手は、つまむ・握る・抑える・なでるなど実に様々な機能を持ち、その組み合わせで目的とする動作を遂行する。そして、手はヒトと環境が交流するための装置でもある。そのように考えると、ヒトの手は、適応能力や自立能力と密接な関係にある。様々な場面に対応する

手および指の動きは、いまだに明らかにされていないことが多く、脳に支えられたともいえる手の動きは、人間の手の精密なコントロールや協調性、様々な要因が複雑に絡み合ってもたらされることが伺われる(図1)。

手(手指)はどのように動くのか、ヒトは手をどのように動かすのかというテーマではいろいろな研究があるが、本論文では作業療法の視点から、これまでおこなわれている手指に関する研究報告を軸に、日常生活で使用する手の機能(主として運動機能)の面からヒトの手の特徴をまとめる。

札幌医科大学保健医療学部作業療法学科

中村眞理子, 澤田雄二

著者連絡先: 中村眞理子 〒060-8556 札幌市中央区南1条西17丁目 札幌医科大学保健医療学部作業療法学科

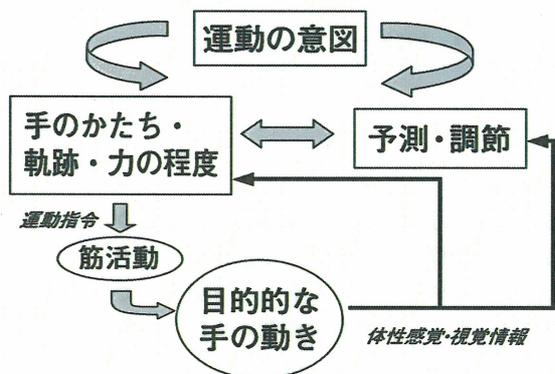


図1 手の動きの概念図

その中で我々の手指機能に関する研究がどの段階に位置づけられるのか、今後の研究の方向づけを行う。

II. 上肢機能における手の役割

手とは、人体の肩から出た枝と広辞苑には記されている。しかし、解剖学的に手といわれるのは手関節より末梢の部分であり、前述したものは上肢と呼ばれるべきである。上肢(肩、肘、手関節、手を含む)の機能を考えるとき、それぞれの部位の役割を説明できる。肩は目的の所に手を伸ばす方向を定める方向舵、肘は目的の所に手を伸ばす伸縮装置、手関節は微調整器、そして手は目的を果たす効果器である¹⁾。これらの総合的な機能が上肢機能といわれるものである(図2)。それゆえ、作業療法では上肢機能を評価する場合、把握・把持機能(開き離しの機能を含む)、到達機能、物品操作機能の3つの分類を用いる。効果器である手部的ない上肢はほとんど機能を果たすことは出来ない。そして、手指が効果的に作用するためには、目と手の協応性・手指感覚機能・体幹の安定性・肩甲骨の固定機能、それに知的機能などが関与している。日常生活における動作では、運動機能と知覚機能が共に働き、両者間に緊密なフィードバック機構が存在してはじめて行いうる。

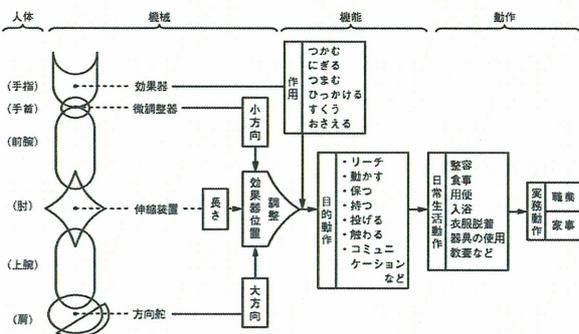


図2 上肢の機械的要素の模式図 (文献1から引用)

III. ヒトの手の特徴と構造

手と足の違いを論じている本の中で、手と足の違いは『多くの動物には四肢がある。哺乳類は前肢・後肢を歩行に、鳥類は前肢を羽に。人間は後肢で立つことによって前肢を歩行という仕事から解放した。』²⁾とある。また、手と足の違いについて『足は、自分の身体を動かすために用いられている。もちろん身体を支えることを含めてである。これに対して、手は自分以外の物を支えたり、動かす為の物である。…(人が)後肢で立つ、あるいは歩くかぎりにおいて、手はあいている。あいているということは自分の身体以外のものを支えたり動かしたりできるということである』³⁾とも説明されている。いずれにしても、手は何か対象に対して作用するものと考えられる。

ヒトの手は27個の骨と18の手内筋からなる。手と同じ大きさでこれほど皮膚・運動感覚の終末器官がたくさん集まっている身体部位はない。

ヒトの手の構造についてNapier⁴⁾は、先端が平たくがっしりしている指、大きな手掌、第1中手骨と第2中手骨の間の大きな開き、第1中手骨基部の鞍関節、適度な母指の長さなどがヒトの手の特徴であり、これゆえに高度な手の機能が実現したと述べている。つまみに対しては、この母指の長さが重要で、人類は示指の長さに対して長い母指をもっている。長さの比は示指:母指=100:60である⁵⁾。

手は物を握るために、その形状を変えなければならない。物を握る場合、3つの異なる方向に走っているアーチ(手弓)に従って手はくぼむ(図3)。手根の凹に一致する手根アーチ(横アーチ)、手根から広がり、相応する中手骨と指骨によってそれぞれの指に形成されている中指節アーチ(縦アーチ)、そして対立運動によって出来る斜めのアーチである。これらのアーチは基部の横のアーチを除いては意識的に大きく変えることが出来る⁶⁾。正常な手では安静時において、縦と横のアーチが形成されている。

- 横のアーチ
 - 縦のアーチ
 - 斜めのアーチ
- 握りと母指との対立で重要
母指との対立を可能にし、把持・把握に重要



図3 手指の構造

手指は中手指節間関節、近位指節間関節、遠位指節間関節(以下、MP関節、PIP関節、DIP関節)という3つの関

節を持つ。それらは目的に応じて互いに調和しながら屈曲伸張をおこない、手指の円滑な動きを可能としている⁷⁾。

Ⅳ. 手の研究の概説

Ⅳ-1. 手の形態分類・把握のパターン分類

手は、日常生活において、物のつまみや把持、物体の操作といった重要な役割をしている。これまでに多くの研究者によって、手の把持パターンの分類が試みられてきた。Schlegingerは、手の操作パターンを機能的観点から把握(grasp)とつまみ(pinch)に大別し、パターン分類を試みた⁸⁾。一方、Napierは、手と手掌面によって物体を操作するパターンをpower gripと規定し、物体と指先との接触による微細な手の動作をprecision grip(handling)と規定した⁹⁾。その後、物体と手の皮膚面との接触をもとに、手の操作パターンの分類が鎌倉らによって試みられてきた¹⁰⁾。これらによって手の機能についての分類が完成した。しかし、これらの分類に共通していることは、手と手指の動きの過程を記述したのではなく、目的動作の最終段階で認められた手指の形態を分類したものであるということである。

Ⅳ-2. 手の動きの特徴(EMG・動作解析)

指はMP関節、PIP関節、DIP関節という3つの関節を持つ。個々の関節はどのような運動をするのかという問題に対しては動作解析による研究がある。手指三関節の関係については、従来の手指の伸張や屈曲に際して、手指のどの関節から運動が開始され、どの関節が運動の終了を示すのか、という手指関節運動の出現順と終了順についての解析が報告されている¹¹⁻¹⁷⁾。さらに、単に手指を屈曲伸張させる動作と円板把持という目的動作では、関節運動の出現順および終了順に違いがあること、また把持する円板の大きさの違いにより、関節間の角度変化の割合、動作時間、角度変化のパターンの違いが認められることが明らかになっている¹⁸⁾。臨床的には、運動障害を示す患者の手指の随意的運動を評価するとき、手指の各関節の関節可動域(Range of Motion:ROM)の変化をもとに、障害の程度を把握する方法が一般的である。病的指(鷲手)で示された運動範囲と健常手のそれとの比較を行い、障害の程度を把握しようという試みがある。しかし、この研究では、鷲手変形によって生じた手指関節のROMを静的にとらえているのみであり、動きのなかで生じるROMの変化についてはふれられていない¹⁹⁻²⁰⁾。

個々の関節運動や動作がどの筋や筋群によって担われているかをわかりやすく要約したのはlandsmeerとLongである⁷⁾。1本の指に付着する2つの手内筋と2つの手外筋の協働と機能分担のありさまを解き明かしている。ほとんどすべての動作において指伸筋は活動していること、深指屈筋はDIP、PIP両関節を屈曲させたり、その屈曲位を保ったり

するときには常に働いていること、虫様筋はDIP、PIP関節を伸張させたり、伸張位を保ったりするときには常に働いていること、骨間筋は、開始肢位はどうあれ、最終肢位が<MP屈曲+PIP伸張+DIP伸張>であるときには常に作用していることなどがここから明らかである。

Ⅳ-3. つまみの力の調節

手の重要な特徴のひとつは、物体をつかみ保持する把握機能である。ヒトは直接対象物をみていなくても、コップなどをすべりおとすことなく把握することが出来るだけでなく、すべりおちないぎりぎりの把握力で効率よく物をつかみあげていると考えられる。日常生活場面において要求される手の機能にはこの他に、道具を操作したり、硬さの違いや素材の違いによる力の調節、外部からの影響(外乱)に対して力を調整するなど、時間的変化に対応する機能が要求される。例えば、道具を扱うときには、手は外部からの複雑な影響(外乱)を受け、道具を保持したり、適切かつ必要な力を維持する状況において、力の調節は常に必要となる。健常者の母指と示指によるつまみの最中に外部からの外乱負荷刺激をあたえ、つまみ保持の力の経時的変化とこれに関する筋電図の変化を調べたところ以下のことが明らかとなった。①負荷に対する最小つまみ力は、対象物(最大つまみ力の2.5%、5%、10%)の重さに20gから50gを加えた力を必要とした。②外乱負荷刺激の増加に伴い、つまみ力は減少した。③外乱負荷刺激により生じた垂直方向への力に対し母指球筋群、第一背側骨間筋の筋電図の振幅が増加した。④閉眼時では、外乱負荷刺激を加えてからのつまみの立ち上がり、および筋電図の発現するまでの時間がともに閉眼時のものに比べて短かった²¹⁻²²⁾。Gordonら²³⁾は被検者自ら負荷を与える実験をおこなっており、これらの研究からつまみ力の調整に体性感覚、視覚情報が重要であることが示唆された。つまみ対象物素材の違いと調節の関係について調べたものでは、素材の違いにより、つまみ力のピーク値、安定値ともに素材の摩擦係数の大きさにより、負荷量の増加に対するつまみ力の増加率に違いがみられた。接触面の素材を無作為に変えた実験から、前施行の素材が現施行の素材よりすべり易い場合、より大きなつまみ力が出現することが認められた。また、筋電図から素材と重さの関係により関与する筋の活動割合に違いが認められており²⁴⁾、つまみの機能を日常生活に適応していく過程で、対象物の素材の違いによる特性を考慮する必要が示された。この力の調節能力は、片麻痺の回復段階が高いstage V、VIであっても困難である²⁵⁾。

Ⅳ-4. 手の機能の発達と老化

手の機能の発達は、成熟した3指握りの発達と関連しており、自由に使えるようになる4~6歳くらいで利き手があらわれる²⁶⁾。もちろん、手の最終的な完成は、解剖学的発達や運動コントロールだけでなく、感覚認知も含まれる。

一方高齢者については、加齢によって握力が低下することは、よく知られているが²⁷⁻²⁸⁾、巧緻動作については、ペグを用いたもの²⁹⁾の他にも、動的指標追跡作業³⁰⁾、繰り返しタッピング作業³¹⁾などが実施されており、いずれも加齢による低下が指摘されている。手の機能に影響を与える器質的な老化については変形性関節症(OA)があげられる。手指関節の変形性変化の自然経過と日常生活での使用形態との関係を明らかにすることを目的として、全ての指の関節を調べた解剖学的研究では、手の痛みや機能障害に関する受診歴がない全ての手の中で、どこかの関節に必ず変形性関節症(Osteoarthritis:OA)が認められている。また、OAの発生機序として、1本の指のなかでは末梢の関節ほどOAの発生率が高いこと、1つの関節のなかでは遠位面の方が発生率が高いこと、関節面では橈側および尺側に発生率が高いことなど、一般的な加齢変化の経過の一般原則が明らかになっている³²⁾。従来、OAは手を酷使する特定の職業に関して報告されてきたが、加齢変化としての進行様式が明らかになり、高齢者の手指機能を検討する上での一要因であることがわかった。今後はさらに趣味活動を含めた日常生活での手の使用形態・負荷との関係を明らかにする必要がある。

V. 結 語

多様性をもつ手の動きの中で、当初、手の動きの分類は動作を記述するためにおこなわれ、病的な動きの解析や、発達研究などに役立っている。ヒトの動作のなかの効果器としての手という従来の見方は、いわゆる肩から末梢にかけての縦の機能の繋がりである。今回、手指の研究では対立という特徴的な機能をもつ母指に注目した報告が多いなかで、母指に限定していないものを軸にまとめた。具体的な動作の獲得を目指す作業療法の視点から考えると、物体を把持するのみでなく操作する五指間の動きの関係性、1本1本の指の独立した動きの中での協応、いふなれば、横の機能の繋がりを検討する必要性を強く感じている。また、今後、手の老化を運動的な面と器質的な面さらに日常生活活動との関係から明らかに出来れば、手の機能の維持、低下予防という観点のリハビリテーションへの応用の手がかりとなることを期待している。

文 献

- 1) 原武朗 他：自助具－機能障害と道具の世界－。医歯薬出版、1977。
- 2) 鈴木良次。手のなかの脳。東京大学出版。1994
- 3) 坂本賢三。機械の現象学。岩波哲学書。1975。
- 4) Napier J: The evaluation of the hand. Scientific Amer 207: 56-62, 1962.
- 5) Mary w. Marzke, R.F.Marzke: Evolution of the human hand: approaches to acquiring, analysing and interpreting the anatomical evidence. J Anat 197: 121-140, 2000.
- 6) 鎌倉矩子: 手指の運動学。総合リハ18 (6): 465-471, 1990.
- 7) Landsmeer: The coordination of finger-joint motions. J Bone and Joint Surg 45A: 1654-1662, 1963.
- 8) Schlesinger G: Der mechanische Aufbau Der Kunstlichen Glier, in Ersatzgliedern und Arbeitshilfen. Springer, Berlin. 1919.
- 9) Napier J: The prehensile movements of the human hand. J Bone and Joint Surg 38B (4): 902-913, 1956.
- 10) 鎌倉矩子: 手のかたち手の動き。医歯薬出版。1989.
- 11) 今村宏太郎, 長谷芳文, 群家則之 他: 指関節運動の動作解析。日手会誌 5: 295-298, 1988.
- 12) 山口隆男, 齊藤之男, 市村三知子 他: 手指関節に動作の解析, バイオメカニズム 4: 89-97, 1978.
- 13) 楠瀬孝一, 山内裕雄, 宮崎弘 他: つまみ動作における母指・侍史の関節角度について－フレキシブルゴニオメーターによる測定。日手会誌 9 (4): 541-545, 1992.
- 14) 新田彦彦, 山内裕雄, 齊藤之男 他: ヒトの手指関節運動の基礎的研究。－(第一報) 3関節の運動順序について－。整形外科 25 (13): 1258-1259, 1974.
- 15) 秋山寛治, 今村宏太郎, 岩崎勝郎 他: 手指関節運動の動的解析。日手会誌 8 (1): 104-108, 1991.
- 16) 鳥山貞宣: X線映画よりみた手の運動。整形外科11: 36-38, 1960.
- 17) 伊達洋次郎: 頸髄障害における部位別にみた手指運動障害。整形外科28: 1373-1376, 1977.
- 18) Nakamura M, Miyawaki C, Matsushita N, et al: Analysis of voluntary finger movements during hand tasks by a motion analyzer. J Electromyography and kinegiology. 8 (5): 295-303, 1998. 19) Malaviya NG, Husain S: Finger dynamography: A complimentary technigue for functional evaluation of the hand. J Hand surg 18 (B): 631-634, 1993.
- 20) Srinivasan H: Uniberse of finger postures and finger dynamography: A conceptual methodological tool for assessing and recording the motor capacity of the finger. Handchirurgie 15: 3-6, 1983.
- 21) 中村眞理子, 澤田雄二, 坪田貞子: 外乱負荷刺激に対する Precision Grip (精密把握) の調節。作業療法12: 259-268, 1993.
- 22) 中村眞理子, 澤田雄二, 坪田貞子: 物体保持中に与えられる負荷に対する予測と調節。北海道作業療法10 (1): 1-5, 1993.
- 23) Gordon AM, Forssberg H, Johansson RS, et al: The integration of haptically acquired size information in the programming of precision grip. Exp Brain Res 83: 483-488, 1991.
- 24) 中村眞理子, 澤田雄二, 坪田貞子 他: 精密把握における把握素材の影響。北海道作業療法学会誌11 (1): 3-7, 1994.
- 25) 澤田雄二, 中村眞理子, 坪田貞子: 日常生活動作中のつまみの運動学的解析－健常手と麻痺手の比較－。作業療法ジャーナル28

- (5) : 371-375, 1993.
- 26) Rosenbloom L, Horton ME : The maturation of fine prehension. *Dev Med and Child Neurol* 13 : 3-8, 1971.
- 27) 木村みさか, 荒井多聞, 筒井康子 他 : 高齢者を対象にした体力測定を試み. *日本公衛誌*34 : 33-40, 1987.
- 28) Mathiowetz V, Kashman N, Vollans G, et. al : Grip and pinch strength : Normative data for adults. *Arch Phys Med Rehabil* 66 : 69-74, 1985.
- 29) 江藤文夫, 原澤道美, 平井俊策 : 手指巧緻動作における加齢の影響. *日老医誌*20 : 405-409, 1983.
- 30) 千葉進, 松本博之, 小林信義 他 : 上肢巧緻動作におよぼす加齢の影響 - 高齢者における加齢の影響. *日老医誌*24 : 132-137, 1987.
- 31) York JL, Biederman I : I effects of age and sex on reciprocal tapping performance. *Perceptual and Motor Skills* 71 : 675-684, 1990.
- 32) Nakamura M, Murakami G, Isogai S, et al. : Resional specificity in degenerative changes in finger joints:an anatomical study using cadavers of the elderly. *J Orthp Sci* 6 : 403-413, 2001.

