



[原著]

## 対象物の重量の違いにより Preshaping は変化する

林 節也<sup>1)</sup> 竹中 孝博<sup>2)</sup> 藤井 稚也<sup>3)</sup>

1) 医療法人社団友愛会 岩砂病院・岩砂マタニティ

2) 平成医療短期大学 リハビリテーション学科 作業療法専攻

3) 岐阜保健大学短期大学部 リハビリテーション学科 作業療法専攻

### 要旨

「目的」Preshaping とは、ヒトが対象物に手を伸ばし、把持しようとする場合、手が対象物に届く前の到達運動開始から、把持が完了するまでの過程において、視覚情報をもとに、対象物の形態や大きさに応じて、手指の形状を準備する行動である。我々が日常生活において操作する対象物には、数多くの物体特性があり、その中でも対象物の重量が Preshaping に影響する可能性がある。しかしながら、重量の違いによる Preshaping を検討した先行研究はない。そこで、今回 2 種類の異なる重量である 500ml のペットボトルを用意し、事前に視覚的差異と把持経験を被験者に提示した後の Preshaping の違いを検討した。「対象と方法」健常成人とし、視覚的に条件の違いが認識できる環境で実施した。計測は対象物に対する到達運動時の「運動開始から対象物把持までの時間」、到達運動過程を分別した時の前半期である「運動開始から前腕最大回外位までの時間」、後半期の「前腕最大回外位から対象物把持までの時間」、「母指-示指間の最大外転距離」とした。「結果」重量が重い条件では「運動開始から前腕最大回外位までの時間」が短縮し、「前腕最大回外位から対象物把持までの時間」は延長した。また、「母指-示指間の最大外転距離」は拡大が見られた。「考察」今回、視覚情報や体性感覚情報の違いを認識できたことで、どの程度母指-示指間の距離を広げ、把持する際の筋出力をどの程度発揮させて把持すれば動作が実行可能かといった、条件毎に運動プログラムが立案されたと考えられる。また、重い対象物では深めに把持する傾向があったことから、落下させないように手掌面と対象物との接触面積を拡大させ、把持するための筋出力を高めようとしていたと考えられる。

キーワード：Preshaping、到達運動、重量

### 序論

ヒトは様々な対象物を把持して巧みに操作することができる。このような行為を実行するためには、視覚、および体性感覚から入力される感覚情報が重要な役割を果たしている。コップを使って水を飲む行為では、対象物の形や空間位置、自身の手の位

置や形について視覚情報、さらに、自身の体の位置についての体性感覚情報が使われる(1)。運動制御の面からみると、到達運動は、肩関節と肘関節の運動がほぼ同時に開始し、対象物が正面であれば肩関節は内転、屈曲し、頭上であれば外転、屈曲する。また対象物との距離は肘関節により調

連絡先：林 節也

〒502-0812 岐阜県岐阜市八代1-7-1

医療法人社団友愛会 岩砂病院・岩砂マタニティ

TEL 058-231-2631 ; FAX 058-294-1480

E-mail: setsuya0203@yahoo.co.jp

2019年 8月23日受付  
2020年 5月20日受理

節されており、対象物が自分から離れていれば、肘関節は伸展し、近い場合は屈曲する。さらに、前腕や手関節は対象物に手掌を向けるための運動を行っている。このように、到達運動は複数の関節が円滑に連動しながら働くことで達成されている(2)。

Jeannerod は、到達把持運動を移動である到達運動と操作の一部である把持に大別し、到達運動中に掴む対象の形態・大きさ・傾きに合わせて手の形を作る Preshaping が出現すると指摘した(3)。Preshaping とは、ヒトが手で対象物を把持しようとする場合、手が対象物に届く前のリーチング(到達運動)から、把持が完了するグラスピング(把持運動)までの過程において、視覚情報をもとに、対象物の形態や大きさに応じて手指の形状を準備する行動である。一方、嶋脇らは事前に視覚情報を提示し、さらに事前の把持した経験による深部感覚情報を用いたことで、到達運動時に視覚情報を用いない環境においても、Preshaping に影響が出現すると報告した(4)。従って、Preshaping の出現は、視覚情報とともに体性感覚情報も一定の役割を示す。Preshaping は到達把持動作時には必ず発生している。Schettino は、複雑な形態をした対象物に手を伸ばすような到達把持運動では、運動の前期では視覚 Feed-Back の有無に関わらず運動に変化はないが、運動後期では視覚条件によって運動が異なると報告した(5)。さらに、田丸は、Preshaping 出現時点を利き手と非利き手を比較すると、利き手が非利き手よりも有意に遅延していたと報告した(6)。非利き手は、利き手と比較すると日常生活で使用する頻度が少なく、巧緻性も低い。そのため、Preshaping は複雑な課題ほど早期に出現させ、把持する手の準備期間を備えていると考えられる。

Preshaping は脳血管疾患に代表される中枢神経系疾患によりしばしば障害される。河村は背側経路における頭頂葉の障害が、上肢の運動の臨床症状と関連することを報告し(7)、Jeannerod は頭頂葉損傷患者で Preshaping が障害される症例を報告し

た(8)。Gallese らは頭頂連合野の頭頂間溝外側部を破壊されたサルを用いた研究で Preshaping が出現せず、把持・操作運動の障害を示すと報告した(9)。

我々が日常生活において使用している道具には、様々な形態・大きさ・傾き・重量・表面特性などの物体特性がある。先行研究では、到達運動時に掴む対象の形態・大きさ・傾きに合わせ Preshaping が出現すると報告している(3)が、我々が操作する対象物には数多くの特性があり、重量の違いによる把持経験が Preshaping に影響する可能性がある。しかしながら、重量の違いによる Preshaping を検討した報告はない。これを明らかにすることは、リハビリテーション臨床場面での介入手段の一助となると考えられるため、今回机上に置かれた異なる重量の対象物に対し到達運動させたときの「運動開始から対象物把持までの時間」、到達運動の前半期である「運動開始から前腕最大回外位までの時間」、と後半期である「前腕最大回外位から対象物把持までの時間」、加えて対象物把持直前の「母指一示指間の外転距離」を比較検討し報告する。

## 方法

### 1.対象者

被験者は、上肢に整形外科的疾患および神経学的疾患の既往のない右利きの健常成人を対象とし、男性9名、女性6名の15名、平均年齢  $25.5 \pm 3.3$  歳であった。

### 2.測定方法

対象物は、高さ 20.0cm、把持部分の直

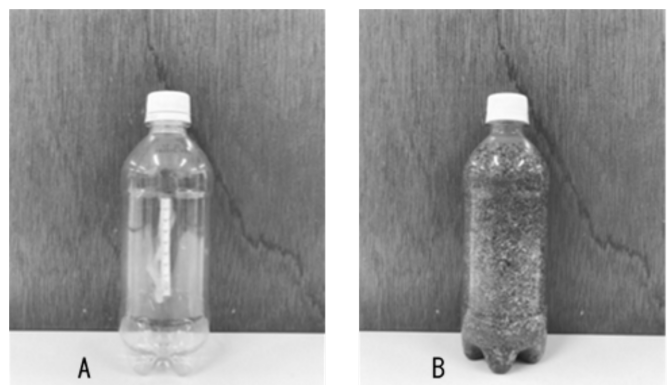


図1 異なる重量条件の対象物

A, 中身が空で 33g; B, 砂と水を入れた 1033g

径が 5.3cm、円周 20.5cm の 500ml のペットボトルを用意した。重量の違いは、中身が空で 33g、砂と水を入れた 1033g のペットボトルを用いた (図 1)。さらに、母指-示指間の外転距離を計測するために外側にメジャーを貼り付けるとともに、視覚的にそれぞれの重量の違いを識別できるように中身が見えるように配慮した。

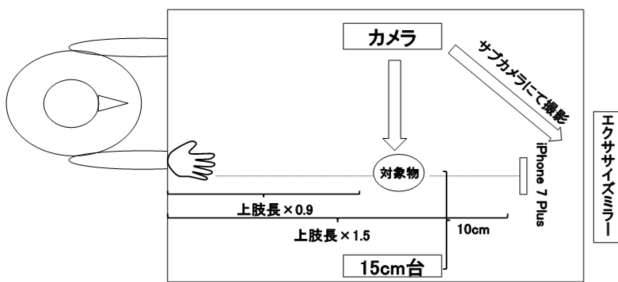


図 2 配置図

被験者、対象物、測定装置の配置図を (図 2) に示す。ビデオ計測の目印とするため、各指の先端と豆状骨、舟状骨結節、橈骨中央、橈骨茎状突起、第二中手骨橈側に直径 8.0mm のマーカーを装着した。対象物把持直前の母指-示指間の外転距離を計測するために、被験者の正面画像を Apple 社製 iPhone® 7 Plus を用い 60FPS で撮影した。また対象物把持するまでの上肢の到達運動を計測するために側面画像として、デジタルハイビジョンビデオカメラ (Panasonic 製、HC-W850M) を用いて被験者の左側面から上肢が映るように 60FPS で撮影した。さらに、多方面からも上肢の到達運動を把握するために、被験者の正面に SAKAI エクササイズミラー (870W×1650H) を設置し、デジタルハイビジョンビデオカメラの液晶モニターに付属するサブカメラを用いて正面からの鏡像を 60FPS で同時撮影し 3 方向から記録した。被験者は椅子座位、肩関節下垂位、肘関節 90 度屈曲位、前腕回内位とし、身体前面の机の上に手掌を設置した。到達把持動作を開始する事前に、対象物を各 15 秒間把持させ、重量の違いを知覚させた。その後、検者の合図とともに対象物を把持

し 10cm 外側に設置した高さ 15cm の台の上に移動させた。移動順は 33g、1033g を順不同に 2 回ずつ実施した。測定は、検者の“はい”の合図により対象物へ上肢を伸ばし、被験者の外側 10cm にある高さ 15cm の台に乗せるまでの一連の動作はビデオ画像を用いて計測した。到達運動時の運動開始から前腕最大回外位までの時間は、各指の先端と豆状骨、舟状骨結節、各指の先端に直径 8.0mm のマーカーを指標に、机上に位置している上肢の動き出しから対象物への到達運動中に前腕が最も回外位に位置した時間を計測した。前腕最大回外位から対象物の把持までの時間は、前腕最大回外位から対象物を把持した際の手の形が完成した時間を計測した。ビデオ解析には、CyberLink 社製の Windows 版 PowerDirector15ULTRA を使用した。さらに、母指-示指間の外転距離は、被験者の正面から iPhone® 7 Plus にて 60FPS で撮影した動画をもとに、対象物把持する直前に最も母指と示指の間の距離が開大した距離を静止画として保存し、その静止画を画像処理ソフトウェアである ImageJ を用いて対象物に貼り付けたメジャーをもとに距離を計測した。

### 3. 分析方法

測定項目の重量条件間の検定には Mann-Whitney 検定を実施した。統計解析には SPSS Statistics24.0 を用いてし、統計的有意水準は 1 % を採用した。

### 4. 倫理的配慮

本研究に先立ち、中部学院大学研究倫理委員会の承認 (通知番号: D17-0007) を得ており、被験者には本研究の趣旨・目的を口頭にて説明し、書面にて同意を得た。

### 結果

異なる重量条件における被験者の基本属性を表 1 に示した。また異なる重量条件時の計測平均値を図 3 に示した。運動開始から対象物把持までの時間では、33g の条件で平均  $0.74 \pm 0.11$  秒、1033g の条件で平均  $0.72 \pm 0.15$  秒 ( $p=0.520$ ) であり、両条件で有意な差は認められなかった (図 3-A)。運動開始から前腕最大回外位まで

の時間では、33g の条件で平均  $0.48 \pm 0.04$  秒、1033g の条件で平均  $0.33 \pm 0.07$  秒 ( $p=0.000$ ) であり、重量が重い条件の方が有意に時間が短縮した (図 3-B)。前腕最大回外位から対象物把持までの時間では、33g の条件で平均  $0.26 \pm 0.08$  秒、1033g の条件で平均  $0.39 \pm 0.10$  秒 ( $p=0.003$ ) であり、重量が重い条件の方が有意に時間が延長した (図 3-C)。加えて、対象物把持直前の母指-示指間の最大外転距離では、33g の条件で平均  $11.01 \pm 0.81$ cm、1033g の条件で平均  $12.20 \pm 1.03$ cm ( $p=0.007$ ) であり、重量が重い条件の方が有意に距離が拡大した (図 3-D)。

考察

異なる重量条件において、2 回の平均値を比較し、到達運動開始から対象物把持までの時間に有意な差は認められなかった。しかし、重い条件で運動開始から前腕最大回外位までの時間が短縮し、前腕最大回外位から対象物把持までの時間で延長した。加えて、把持直前の母指-示指間の外転距離では重い条件で同様に外転距離が拡大した。

本研究では、中身の見える対象物を使用して実施しているため、事前に重量の違いを視覚情報として認識することが可能であった。加えて、事前に対象物を把持している事からも、軽い・重い物体特性を体性感覚情報として認識することが可能であった。Philip らは、機能MRI を用いた実験により、運動を行わず運動イメージを想起することによって、実際の運動実行と同様の神経機構を賦活することができると報告している (10)。今回、視覚情報の提示により対象物の重量の違いが認識できたこと、また事前に対象物を把持させ、体性感覚情報の違いを経験できたことで、それらの情報を使って重い条件において運動イメージが形成され、どの程度母指-示指間の距離を広げ、把持する際の筋出力をどの程度発揮させて把持すれば動作が実行可能かといった、条件毎に運動プログラムが立案されたと考えられる。また、Arbib らは、操作対象の位置、大きさ、形態、軸方向に関する体性感覚情報に基づいて、腕を伸ばす運動と手指を操作する運動が互いに協調しながら並列的に制御されていると報告した (1)。よって、どのような軌道でどの程

表 1 三段階重量条件における被験者の内訳 (平均値と標準偏差)

	人数 (名)	年齢 (歳)	右上肢長 (cm)	右握力 (kg)	右母-示指間の 最大外転距離 (cm)
全体	15	$25.5 \pm 3.3$	$53.11 \pm 3.28$	$35.16 \pm 8.50$	$15.39 \pm 1.63$
男性	9	$26.8 \pm 3.4$	$54.66 \pm 2.79$	$40.82 \pm 5.32$	$15.21 \pm 0.75$
女性	6	$23.7 \pm 2.2$	$50.78 \pm 2.51$	$26.67 \pm 4.26$	$15.65 \pm 2.39$

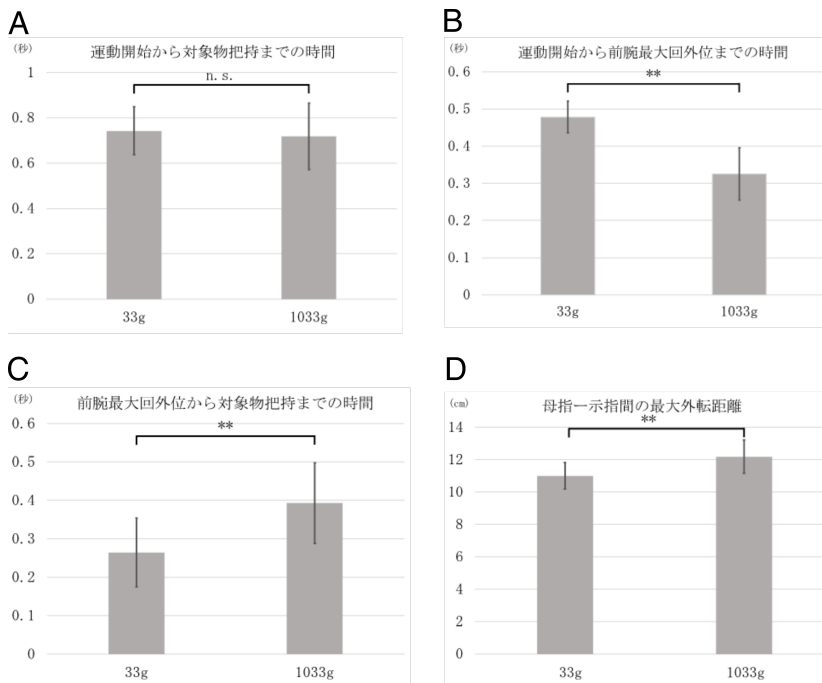


図 3 各測定結果

A, 運動開始から対象物把持までの時間は両条件で有意な差は認められなかった。B, 運動開始から前腕最大回外位までの時間は 1033g で有意に短縮した。C, 前腕最大回外位から対象物把持までの時間は 1033g で有意に延長した。D, 母指-示指間の最大外転距離は 1033g で有意に拡大した

度の筋出力を發揮させながら到達把持運動を行なわなければならないかを予測していたと考えられる。今回、運動開始から対象物把持までの時間では、両者間に有意な差は認められなかったが、到達運動の運動過程としては、重い条件において、正確に指定した位置に対象物を移動させるために、母指-示指間の外転距離を拡大させることを予測し、手の構えを大きく広げるための時間が必要であったことから、前腕最大回外から対象物を把持するまでの時間が延長したと考えられる。

さらに、Westling & Johansson は、摘み力を、物体を保持し続けるのに必要な最小限の力 (Slip Force) と、物体が不意に指先から滑り落ちるのを防ぐ安全策として發揮されている力 (Safety Margin Force) に分けることができると報告した (11)。また、河合らは重量の増加に伴って、Slip Force と Safety Margin Force とともに増大したと報告した (12)。本研究においては、重い条件において母指-示指間の外転距離が拡大した。従って、被験者は対象物を落下させず指定の位置へ移動させるために、軽い条件では図4-Aに示すように浅めに把持し、「重い条件」では図4-Bに示すように母指-示指間の外転距離を拡大させ、対象物を深めに把持することで、手掌面と対象物との接触面積を拡大させ、把持するための筋出力を高めようとしていたと考えられる。

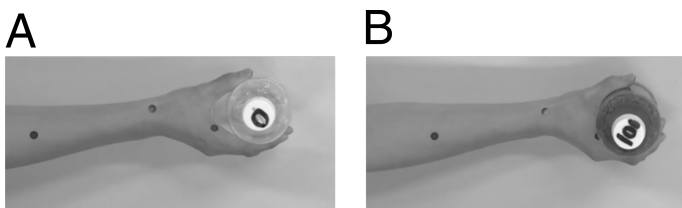


図4 把持形態

A, 33g の把持。「軽い条件」では浅めの把持であった。  
B, 1033g の把持。「重い条件」では深めの把持であった。

#### 今後の展望

本研究では、異なる重量の違いを視覚情報として提示し、さらに事前に対象物を把持させることで体性感覚情報を入力した時

の到達運動の Preshaping の形成時間と母指-示指間の外転距離を調べた。本研究結果より、異なる重量の違いにおいて Preshaping の出現に違いがあることが明らかになった。脳血管疾患による片麻痺患者で到達運動障害が出現したとき、感覚障害の出現も同時に起こることが良く知られている (13)。そのため、到達運動機能の回復を目指すリハビリテーションにおいて、麻痺手に重量を知覚させ、運動イメージを想起させながら到達運動を実施しても正確に重量の違いを知覚・認識することが困難となる可能性がある。従って、今後は非麻痺手に異なる重量や表面特性の対象物を提示し、麻痺手で到達運動するときの Preshaping についても検討していく必要がある。

#### 引用文献

- (1) Arbib M.A, T.Iberall, D.Lyon.; Coordinated control programs for movements of the hand. *Exp, Brain Res.* 1985, p.111-129.
- (2) 宮本省三,八坂一彦,平谷尚大,田淵充勇,園田義顕.人間の運動学 ヒューマン・キネシオロジー.協同医書出版社,2016,p.263-286.
- (3) Jeannerod M; Intersegmental coordination during reaching at natural visual objects. *Attention and performance IX.*1981,p.153-169.
- (4) 嶋脇聡,酒井直孝.把持動作の手指プリシェイピングに及ぼす視覚情報の影響.人間工学.2011,47(1),p.31-35.
- (5) Schettino L.F.,Adamovich S.V.,et al; Effects of object shape and visual feedback on hand configuration during grasping. *Experimental Brain Research.* 2003,p.158-166.
- (6) 田丸佳希.利き手・非利き手での到達把持動作での予測的な戦略の検討~Preshaping 出現時点に着目して~.四條畷学園大学リハビリテーション学部紀要. 2013,9,p.21-25.
- (7) 河村満.手の運動の視覚的・体性感覚的制御障害.神経進歩.1998,42(1),p.156-163.
- (8) Jeannerod M; The formation of finger grip during prehension. A cortically mediated visuomotor pattern. *Behav Brain Res.*1986,19,p.99-116.
- (9) Gallese V; Murata A, deficit of hand preshaping after muscimol injection

- in monkey cortex. Neuroreport.  
1994,5,p.1525-1529.
- (10) Philip L, Jackson PL, Martin F, et al.; Potential Role of Mental Practice Using Motor Imagery in Neurologic Rehabilitation. Arch Phys Med Rehabil. 2001,82,p.1133-1141.
- (11) Westling G, Johansson R S; Factors influencing the force control during precision grip. Exp Brain Res.1984, 53, p.277-284.
- (12) 河合悟,木下博,生田香明.物体重量の変化と握り力の変化からみた精密把握運動の握り力制御について.体力科学. 1994,43,p.247-258.
- (13) 田川皓一.脳卒中症候学.西村書店, 2010,p.271-274.

## Preshaping varies depending on the weight of the object

Setuya Hayashi<sup>1)</sup>, Takahiro Takenaka<sup>2)</sup>, Wakaya Fujii<sup>3)</sup>

1) Medical Corporation Yuukai Iwasa Hospital Iwasa maternity

2) Department of Rehabilitation Major in Occupational Therapy  
Heisei College of Health Sciences

3) Department of Rehabilitation, Major in Occupational Therapy  
Gifu University of Health Sciences Junior College

### Summary

"Preshaping" refers to the action of preparing the shape of fingers when a human reaches out and holds an object. It changes the shape of the finger based on the visual information according to the shape and size of the object in the process from the start of movement to the completion of gripping.

There are many properties of the objects we manipulate, of which the weight can affect Preshaping. However, there is no prior research that examined Preshaping due to differences in weight.

Therefore, this time, preshaping was measured after presenting the subject with information on the difference between two different weights.

The subjects were healthy adults, and were conducted in an environment where visual differences in conditions could be recognized.

Measurement divided weight into two types, and measured the following items to two types of objects. "Time from start of exercise to maximum Forearm supination position", "Time from maximum forearm supination position to grip object", "Maximum abduction distance between thumb and index finger". As a result, when the weight increases, the "time from the start of exercise to the maximum forearm supination position" is reduced, and the "time from the maximum forearm supination position to the grasping target" is extended. Also, the "abduction distance between thumb and index finger" has been expanded. These results indicate that the movement of the forearm changes over time due to the difference in the weight of the object, which is also effective in opening the hand.

**Keywords:** Preshaping, Reaching, weight

### Corresponding Author:

Setuya Hayashi

Email: setsuya0203@yahoo.co.jp