

原 著

## 健常若年者がスプーンを用いた食事動作における 上肢関節運動の変位

Examining displacement of the upper limb joint angles  
for eating in healthy young people with a spoon

勝山 隆<sup>1)</sup> 小森 武隆<sup>2)</sup> 久利 彩子<sup>2)</sup>

要約：この研究の目的は、作業療法で行われる食事動作訓練の根拠となり得る、利き手上肢による食事動作時の各関節角度と運動幅と相分類し、スプーンを食器へ運ぶ相、食べ物をすくう相、食べ物を口へ運ぶ相、食べる相での各関節の協調性を明らかにすることである。光学式3次元動作解析装置を用いて、20人の健常若年者（男13名、女7名、年齢 $21 \pm 1.3$ 歳）がヨーグルトをスプーンで3口食べる課題を計測し、分析した。その結果、各関節角度と運動幅が明らかになり、体幹の屈曲運動を伴わない食事動作に必要な可動域と運動幅がわかった。また、各相における関節運動の特徴は、食べる相では、肩関節の屈曲・外転角度と肘関節屈曲角度と前腕回外角度がともに増加し最大値を示し、すくう相では、手関節の掌・橈屈が大きく関与し、前腕が回外されすくわれたスプーンは肩関節外転・内旋で調整され、肩関節内旋運動は、食べる、すくうの2相に角度が増加し関与していることがわかった。

Key Words：食事動作、スプーン、関節可動域、3次元動作解析

### 1 はじめに

食べることは基本的な日常生活を支える行為であり、食べること無しに人は生きていくことはできない。また、日本では箸の使い方、器の配置、姿勢など食事に関する作法が多い。山根<sup>1)</sup>は食行動を次のように述べている。「食行動には人が生命を維持し活動を支える栄養補給とし

て、身体機能の発達や精神的な成長に伴い食行動のコントロールが可能となると、空腹を満たす摂食経験は情動的・官能的体験として記憶される。食べるという行為は日常生活や社会生活において人に対する情動を引き起こすものとなり、家族で行われる家庭の共同行為として、人との交流の場として、昇華、代償となり、ストレスからの解放、発散という楽しみとしての意味を持つ。高齢になり心身機能が衰え再び食事に他人の介助が必要となると、依存的、受動的な心理状態になり、基本的な日常生活の自律性が損なわれる」と述べている。

食事動作に影響を与える要素としては、下肢

Takashi Katsuyama  
大阪河崎リハビリテーション大学  
リハビリテーション学部 作業療法学専攻  
E-mail : katsuyamat@kawasakigakuen.ac.jp

1)リハビリテーション学部 作業療法学専攻

2)リハビリテーション学部 理学療法学専攻

の支持性、体幹の安定性、傾斜と前後屈のコントロール、リーチング、食事具の把持と操作などの運動機能、食器の形状と位置などの環境が挙げられる。作業療法で行われる食事動作訓練は、運動機能の改善とともに残存する機能を活用し食事動作ができるように利き手交換を含めた動作方法の工夫、自助具の活用、環境の改善を行っていくことである<sup>2)3)</sup>。

食事動作分析に関する先行研究には、井上ら<sup>4)</sup>が前腕の角度を6種類に固定した場合の、書字動作、食事動作、洗面動作、排泄動作の4項目を被検者の自己評定3段階で評価し、洗面動作と排泄動作において、回内30、60度固定での動作に困難が見られたと報告している。長尾ら<sup>5-7)</sup>は健常若年者の箸による食事動作において、器の位置の違いによる前腕回旋可動域と動作時間を報告し、箸と比較してスプーンの使用では、肩関節外転と肘関節屈曲角度に有意差があったが、前腕の回旋角度は同程度であったとし、さらに、肩関節外転は手関節の橈尺屈による代償があり、手関節を含めた分析が必要と指摘している。また、上谷ら<sup>8)</sup>は、肘関節の位置が肩関節、前腕、手関節の核間節運動範囲に大きな変化を与えると考え、肘関節を体幹に対して通常、内転、外転位の3条件で固定したときの四肢各関節の角度を調べ、それぞれの肢位(3条件)ごとに自立した食事動作に必要な関節運動幅を報告している。一方、中川ら<sup>10)</sup>や松原ら<sup>11)</sup>は、食べ物を口へ運ぶときの頭頸部屈曲、股関節屈曲、骨盤傾斜、体幹屈伸運動の関連性を指摘し、食べ物を口へ近づけるときは、手部のみが口に近づくのではなく、体幹の屈曲運動とともに行われ、こぼれやすい食物の場合はさらに体幹の運動は増大すると報告している。しかし、常に肘関節が固定された食事状態は通常とは言い難く、また、食べ物が口に運ばれるときの体幹の屈曲運動は、こぼさないようにするために生じる代償運動であり、服装や

テーブルの位置・高さなど食事動作以外の要因により四肢各関節角度に影響を及ぼすことが予測される。そこで今回は肘関節の固定を行わず、体幹の屈曲運動の影響を除いた状態でのスプーンを用いた食事動作の四肢の各関節可動域の変位を明らかにし、さらに食事動作を4相に分け、各相での四肢各関節の変位を明らかにすることとした。これらの結果が明らかになれば食事動作に必要な四肢各関節角度が明らかとなり、食事動作能力維持・改善のための四肢の関節可動域の維持・拡大訓練、座位姿勢訓練、利き手交換訓練などへの応用という作業療法計画の根拠を示す基礎となり、また他職種への提言が可能となると考えられる。尚、この研究は大阪河崎リハビリテーション大学の倫理委員会の承認を得て行った。

## 2 対象と方法

### 2.1 対象

事前の説明によって実験に参加することに同意を得た、大阪河崎リハビリテーション大学に在籍する運動器疾患の既往のない右利きの健常若年者20名(男性13名、女性7名、年齢 $21 \pm 1.3$ 歳)を対象とした。

### 2.2 測定装置

食事動作時の四肢各関節角度の計測には、光学式デジタルカメラ Eagle(米国Motion Analysis社製)8台を用いた3次元動作解析装置MAC3D System(Motion Analysis社製)を用いた。今回の実験において8台のカメラは、直径28mm、長さ2mのイレクターパイプ(矢崎化工株式会社製)にて組み立てた正6面体の中央の床に椅子を置き、椅子座位の背面高所に2台、座面より低所に1台を固定し、前面と側面には四肢各関節が撮影されるよう5台のカメラを固定した。イレクターパイプは金属パイプ

を樹脂でコーティングしたものである。加工しやすく、パイプカッターにて任意の長さに切断できる。組み立てにおいても専用接着液により容易に接合でき、十分な強度を有す。データはイーサネットを介してヒューレットパカード社製パーソナルコンピューターに送られ、動作解析ソフトウェアEVaRT5.04で計算された3次元座標データから、筋・骨格モデリングソフトウェアSIMM（米国Musculo Graphics社製）を用いて上肢各関節の運動角度を算出した。また、実験中の被検者の様子を別のデジタルビデオカメラで撮影し、撮影データとの同期記録を行った。

食事用のテーブルは、カメラの撮影画角を妨げないように天板を最小限の大きさとし、支柱が2本のもので作成した。

## 2.3 測定方法

被検者の利き手（右のみを対象とする）及び非利き手の上肢、体幹の前面、背面、頭部に計27個の反射マーカー（直径9.5mm）を取り付け、実際の食事動作をサンプリング周波数120Hzにて計測した。反射マーカーの取り付け位置は、頭頂部、鼻根部、後頭部、胸骨上縁下縁、両側肩峰、第7頸椎棘突起部、第10胸椎棘突起部、肘関節内・側外側上顆、尺骨茎状突起、橈骨茎状突起、第2中手骨頭、第5中手骨頭、第3中手骨頭、肩甲骨背側面中央、両側上前腸骨棘で、両面テープで直接皮膚または頭部に貼り付けた（図1）。



図1 被検者の食事開始姿勢

27個の反射マーカーを取り付け、体幹の前傾を抑制するため座面に対して90度の背もたれにベルトで固定され、スプーンを把持した利き手を皿の右側横10cmに置いて静止し、開始位置についた被検者。

## 2.4 測定条件

### 2.4.1 体幹の姿勢

椅子は、イレクターパイプで作製した。背もたれの前後における傾斜角度は90度とした（図2）。

体幹の固定方法は、傾斜させたパイプに脊柱が平行となるようにベルトで固定した。下肢は体幹中間位で足底が接地した状態で膝関節が90度となるように椅子脚部のアジャスターを調節した。体幹の安定を図るため被検者の下肢は自由とした。また、頭頸部の固定は行わなかった。

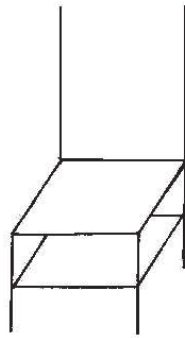


図2 背もたれ部分の前後傾斜角度を90度に設定し作成した椅子

### 2.4.2 器の位置

器の高さは体幹正中位の位置で、下垂した上肢の肘頭の高さに合わせ、食器の位置は肩関節屈曲・伸展、内・外転、内・外旋中間位、肘関節90度屈曲位、手関節中間位、手指伸展0度の中指指尖部に器の中央部を配置<sup>5-7)</sup>した(図3)。



図3 実験に用いたテーブルと器の位置

### 2.4.3 食物と器

食材はヨーグルトを用い、市販のカレー Spoon (金属性55g) と皿 (陶磁製) を用いた(図4)。

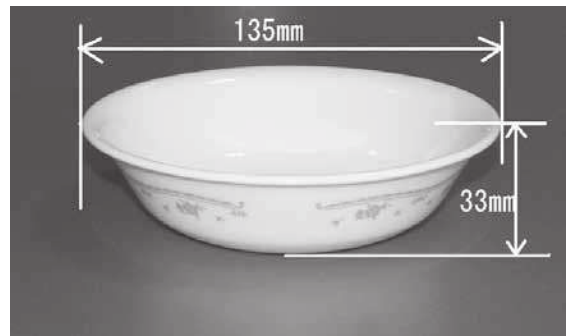
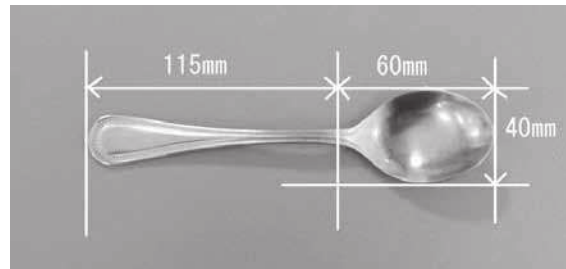
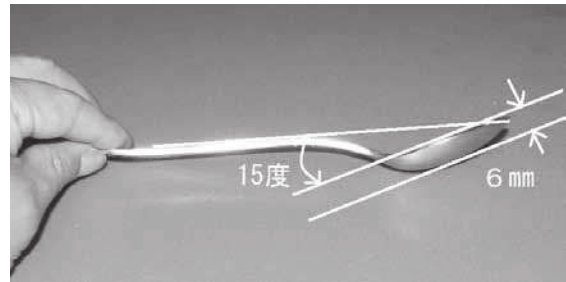


図4 実験に用いたスプーンと皿

### 2.4.4 測定手順

体幹は左右に傾斜しない正中位、前後の背もたれは90度で、食器と器のないテーブルの上に両側上肢を前腕回内で置き、静止画像を10秒程度撮影する。次に撮影に移る。スプーンを把持した利き手を皿の右側横10cmに置いて静止し、左上肢は手背を外側へ向け下垂し、これを開始位置とする。開始の合図とともに被検者は食事動作を開始し、3口食べ、開始位置に戻す。

### 2.5 測定項目

測定する上肢関節角度は、肩関節の屈曲・外転・内旋角度、肘関節の屈曲角度、前腕の回内角度、手関節の掌屈・橈屈角度とした。食事動作は、第1相-スプーンを食器へ運ぶ、第2相-食べ物をつくう、第3相-食べ物を口へ運

ぶ、第4相-食べる、の4相に分けるため、実験終了後、デジタルビデオカメラにより撮影した動画を確認し、すくい始め（スプーンがヨーグルトに着く直前）、すくい終り（スプーンがヨーグルトから出た直後）、食べ始め（スプーンが口へ入る直前）、食べ終り（スプーンが口から出た直後）時のフレーム数を記録した。食事動作時間は、すくい始めから3口食べ、スプーンが口から出た直後までの時間とした。最大角度は、1口目のすくい始めから3口目の食べ終りまでの各関節の最大値を抽出した角度で、同じ区間での最小値を各関節の最小角度とした。また、最大・最小角度が出現したフレーム数を抽出し、最大・最小角度がどの相で出現したのかを記録した。関節運動幅は、最大値と最小値の差とした。関節角度の+（プラス）は、肩関節屈曲・外転・内旋、肘関節屈曲、前腕回内、手関節掌屈・橈屈運動であり、-（マイナス）は、各々と拮抗する運動とした。

### 3 結果

#### 3.1 必要な関節角度と運動幅

ヨーグルトを3口食べるのに必要な右上肢各関節角度は次のようであった。

肩関節屈曲角度の最大値は $52.7^\circ \pm 8.7^\circ$ 度、外転角度の最大値は $30.7^\circ \pm 11.6^\circ$ 度、内旋角度の最大値は $31.2^\circ \pm 6.9^\circ$ 度だった。肘関節屈曲角度の最大値は $126.4^\circ \pm 7.2^\circ$ 度だった。前腕橈尺関節回内角度の最大値は $16.1^\circ \pm 11.8^\circ$ 度だった。手関節掌屈角度の最大値は $1.3^\circ \pm 8.5^\circ$ 度、橈屈角度の最大値は $25.9^\circ \pm 13.9^\circ$ 度だった（表1）。

肩関節屈曲角度の最小値は $18.9^\circ \pm 10.4^\circ$ 度、外転角度の最小値は $14.6^\circ \pm 6.0^\circ$ 度、内旋角度の最小値は $15.2^\circ \pm 5.4^\circ$ 度だった。肘関節屈曲角度の最小値は $77.4^\circ \pm 7.6^\circ$ 度だった。前腕橈尺関節の最小値は $-75.9^\circ \pm 11.8^\circ$ 度だった。手関節掌屈角度の最小値は $-20.5^\circ \pm 9.5^\circ$ 度、橈屈角度の最

小値は $-22.0^\circ \pm 7.7^\circ$ 度だった（表2）。

肩関節屈曲角度の運動幅は $33.8^\circ \pm 7.3^\circ$ 度、外転角度の運動幅は $16.2^\circ \pm 8.7^\circ$ 度、回旋角度の運動幅は $16.0^\circ \pm 4.5^\circ$ 度だった。肘関節屈曲角度の運動幅は $48.9^\circ \pm 9.0^\circ$ 度だった。前腕橈尺関節回旋運動幅は $92.0^\circ \pm 12.6^\circ$ 度だった。手関節掌背屈角度の運動幅は $21.9^\circ \pm 6.8^\circ$ 度、橈尺屈角度の運動幅は $48.5^\circ \pm 14.1^\circ$ 度だった（表3）。

#### 3.2 各関節の最大・最小値の出現する相

各関節の最大値および最小値が一連の動作中、どの相において出現したかという分析結果（表4）では、肩関節屈曲角度の最大値は、第4相に全被検者の最大値が出現しており、最小値は第2相に出現していた。肩関節外転角度の最大値は第4相に多く、最小値は第2相に多かった。肩関節内旋角度の最大値は第2相と第4相に分かれており、最小値は各相にばらついて出現していた。肘関節屈曲の最大値は第4相に、最小値は第2相に出現していた。前腕回内角度の最大値は第2相に出現していた。最小値は左10度において主に第4相に出現し、正中位、右10度では第4相に出現していた。手関節掌屈角度の最大値は主に第2相で出現していた。最小値はばらつきがみられた。橈屈角度の最大値は第2相に出現しており、最小値は第4相に出現していた。

#### 3.3 各関節の協調運動の特徴

図5は、標準的な結果を示した被検者Aがヨーグルトを3口食べたときの各関節角度の変化を示したものである。関節角度の最大値、最小値が出現する相分類（表4）から各関節の協調運動の特徴は、食べ物をすくう相では、肩関節の最小値を示す者が多く、肘関節では屈曲角度の最小値、前腕回内角度の最大値を全員が示し、手関節では、掌・橈屈の最大値を示す者が多かった。

表1 3口食べる全工程での各関節の最大値(度)

肩関節	
屈曲	52.7±8.7
外転	30.7±11.6
内旋	31.2±6.9
肘関節	
屈曲	126.4±7.2
前腕	
回内	16.1±11.8
手関節	
掌屈	1.3±8.5
橈屈	25.9±13.9

(平均±標準偏差)

表2 3口食べる全工程での各関節の最小値(度)

肩関節	
屈曲	18.9±10.4
外転	14.6±6.0
内旋	15.2±5.4
肘関節	
屈曲	77.4±7.6
前腕	
回内	-75.9±11.8
手関節	
掌屈	-20.5±9.5
橈屈	-22.0±7.7

(平均±標準偏差)

表3 3口食べる全工程での各関節角度の運動幅(度)

肩関節	
屈伸	33.8±7.3
内外転	16.2±8.7
回旋	16.0±4.5
肘関節	
屈伸	48.9±9.0
前腕	
回旋	92.0±12.6
手関節	
掌背屈	21.9±6.8
橈尺屈	48.5±14.1

(平均±標準偏差)

表4 各関節の最大値と最小値の相分類（大は最大値、小は最小値）単位：人

	肩関節		肘関節				前腕		手関節					
	屈曲		外転		内旋		屈曲		回内		掌屈		橈屈	
	大	小	大	小	大	小	大	小	大	小	大	小		
1相	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	1
2相	0	20	2	15	9	12	0	20	20	0	18	4	20	2
3相	0	0	2	1	0	6	0	0	0	0	0	2	0	0
4相	20	0	15	4	11	0	20	0	0	20	0	14	0	17

(1相-スプーンを食器へ運ぶ、2相-食べ物をすくう、3相-食べ物を口へ運ぶ、4相-食べる)

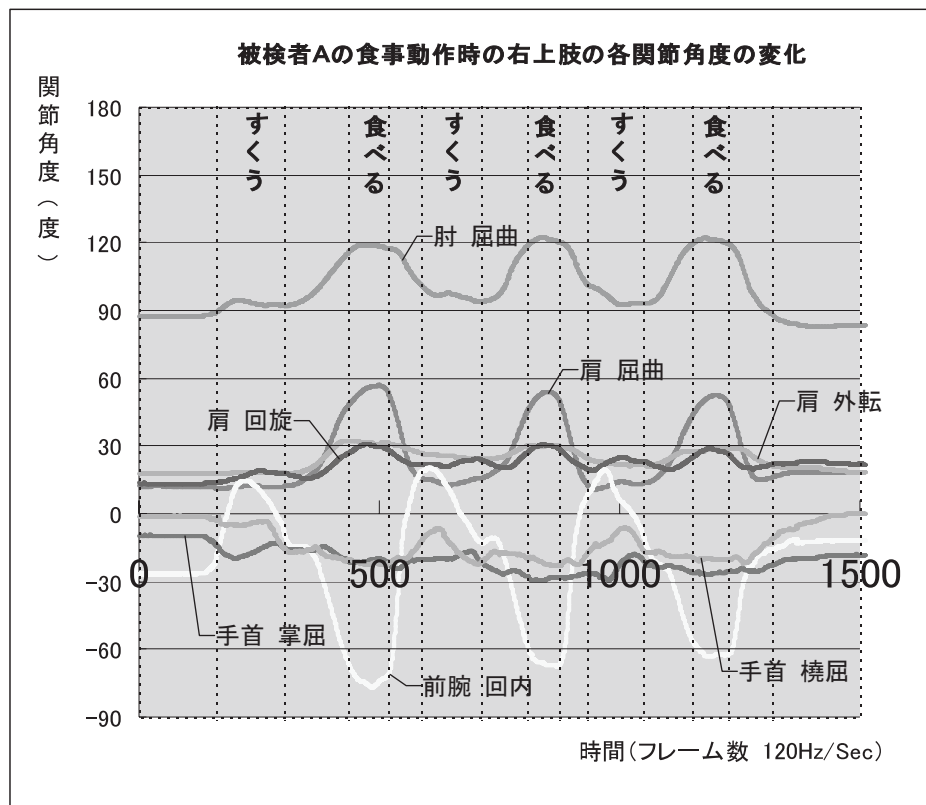


図5 被検者Aの食事動作時の上肢各関節角度の変化

## 4 考察

今回の研究では体幹を椅子に固定したため、器へのリーチは、肘関節の伸展のみで行われ、最小値を全員が示したと考えられる。また、すくうためには、スプーンは垂直に近い状態でヨーグルトへ進入し、水平となるが、前腕の回内から回外運動のみでなく、効果的にヨーグルトへ進入するために、肩関節内旋運動や手関節の掌・尺屈運動が伴い出現のばらつきが出たと考えられる。

食べる相では、肩関節の最大値を示す者が多く、肘関節では屈曲角度の最大値、前腕回外角度の最大値を全員が示し、手関節では、掌・橈屈の最小値を示す者が多かった。長尾ら<sup>5-7)</sup>はスプーンが口に近づくと肩外転・肘屈曲・前腕回外の角度が増加すると報告しており、今回の研究も同じ結果を示した。ヨーグルトをこぼさないようにするためには中間位での固定が望ましいと思われるが、前腕は回外位へ変位する。回外位へ変位した分は、主に肩関節屈曲・外転運動で代償されたと考えられる。小嵐ら<sup>9)</sup>も同様に肩関節と前腕部ですくう事を報告している。肩関節の運動は手部を体幹の正中線まで移動させ、口と器の直線距離は主に肘関節運動により、高低差は主に肩関節回旋運動により移動させていると考えられる。また、小嵐ら<sup>9)</sup>はスプーンを口へ運んでいるとき液体をこぼさないように平行に保つため急激に手関節尺屈運動を行っていることを報告しているが、今回の研究では食べる相で尺屈角度の最大値が出現した。これは、今回の食物は液体でなく粘性が高いヨーグルトで急激な固定は必要なかったと考えられる。

今回の研究では体幹を椅子の背もたれに固定し、頭部と体幹の運動は検討しなかった。先にも先行研究について記述したが、中川ら<sup>10)</sup>や松原ら<sup>11)</sup>は、頭頸部屈曲、股関節屈曲、骨盤

傾斜、体幹屈伸運動の関連性を指摘し、食べ物を口へ近づけるときは、手部のみが口に近づくのではなく、体幹の屈曲運動とともに行われ、こぼれやすい食物の場合はさらに体幹の運動は増大すると報告している。これらの運動は上肢各関節運動を代償する運動であり、代償が生じれば、上肢各関節運動は今回の研究結果より減少することが推測される。今後は、器へのリーチ時や口へ運ぶときの頭頸部と体幹の運動との協調性を含めた食事動作分析研究が必要である。

## 5 結語

健常若年者がスプーンを用いた食事動作において、体幹と頸部の運動の関連性を含まない利き手に必要な上肢各関節可動域を測定し、その環境において食事動作に必要な関節可動域が明らかとなった。また、食事活動を4相（スプーンを食器へ運ぶ、食べ物をすくう、食べ物を口へ運ぶ、食べる）に分け、各相での上肢各関節角度の協調性が明らかとなった。このことから、作業療法において食事動作訓練を進める上で重要な上肢各関節角度の参考角度となり得る可能性がある。

## 謝辞

この研究に際し、技術協力を頂いた(株)ナックイメージテクノロジー大阪支社 古田氏に謹んで感謝の意を表します。また、被検者として協力を得た河崎学園在学学生に対し感謝いたします。

## 文献

- 1) 山根寛、加藤寿宏編. 食べることの障害とアプローチ、三輪書店、pp2-9, 2002.



- 2) 生田宗博(編):ADL第2版 作業療法の戦略・戦術・技術、三輪書店、2009.
- 3) 伊藤利之、鎌倉矩子(編):ADLとその周辺—評価・指導・介護の実際、医学書院、2008.
- 4) 井上有美子、山本泰雄、加藤純代、他. 前腕の固定角度の違いによる日常生活動作の難易度について、理学療法学22:433-436, 1995.
- 5) 長尾徹、村木敏明、金子翼、他. 箸による食事動作における前腕回旋可動域と動作時間、神戸大学医学部保健学科紀要14:53-59, 1998.
- 6) 長尾徹、金子翼、永井栄一、他. 箸又はスプーンを使用した食事動作における肩関節外転・肘関節屈曲・前腕回旋運動と動作時間の比較検討、神戸大学医学部保健学科紀要17:1-7, 2001.
- 7) 長尾徹、金子翼、永井栄一、他. スプーンを使用した食事動作における肩関節外転・肘関節屈曲・前腕回旋運動の特徴、神戸大学医学部保健学科紀要18:77-84, 2002.
- 8) 上谷英史、平川裕一、原田智美、他. スプーン操作における肘関節の位置の違いによる上肢関節運動範囲の偏移、青森県作業療法研究15:9-16, 2006.
- 9) 小嵐芳人、西原一嘉、岡本大輔、他. 上肢動作の分析～食事動作における回内外の動作分析～. 第18回バイオメカニズム学術講演会論文集 23-26, 1997.
- 10) 中川等史、北方理恵. 食事に影響する姿勢とその保持、作業療法ジャーナル 35:23-28, 2001.
- 11) 松原麻子、山下剛正、村上恒二、他. 食事動作における三次元動作解析—頸部、体幹と上肢の運動の関連性、作業療法23:471, 2004.