



箸また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

長尾, 徹 ; 金子, 翼 ; 永井, 栄一 ; 塚本, 康夫 ; 平田, 総一郎 ; 村木, 敏明 ; 吉田, 正樹

(Citation)

神戸大学医学部保健学科紀要, 17:1-7

(Issue Date)

2001-12-01

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/00069891>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/00069891>



箸また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

長尾 徹¹, 金子 翼¹, 永井 栄一¹, 塚本 康夫¹, 平田総一郎¹,
村木 敏明², 吉田 正樹³

要 約

この研究の目的は、箸を用いて食事した場合とスプーンを用いて食事した場合の、肩関節外転・肘関節屈曲・前腕回旋角度と食事動作時間の違いを明確にすることである。対象は6人の若い学生（男2名、女4名、平均年齢 20.3±0.8歳、年齢幅19-21歳）であった。磁気式3次元空間計測装置（3 Space-WIN）を用いて、箸またはスプーンで漬け物を食べるという動作を3次元で測定した。被験者は高さ70cmの木製の机と同じ高さに肘頭を合わせて、高さ調節式の椅子に座った。食器は体幹から前腕の長さだけ前方の位置に設置した。その結果、スプーンで食事した場合は箸で食事した場合に比べて、肩関節の外転最大値と外転幅、肘関節屈曲幅が有意に大きく（ $p<0.05$ ）、肘関節の屈曲最小値は有意に少なかった（ $p<0.05$ ）。しかし、その他の項目には有意な差はなかった。このことは、スプーンで食事する場合、漬け物を落とさないようにするために肩や肘の運動が大きくなることを示していると考えられる。

索引用語：食事動作, 箸, スプーン, 関節可動域, 3次元動作.

緒 言

食事動作は生命を維持するためには必要不可欠なADLであり、作業療法の対象となることも多い。食事動作における上肢の動作を分析することで、作業療法における目標の設定や装具・自助具の導入の指標とすることが可能となる。

このような動作の運動学的解析にはビデオ解析システム、フレキシブルゴニオメーター、磁気センサー式3次元空間計測装置3 Space-WIN¹⁾（米国Polhemus社、以下：3 Space）などが用いられる。その中でも特に3 Spaceは精度に優れ²⁾、ビデオ解析にくらべて、回旋動作を測定中にマーカーが隠れるという死角をとまわずに測定できるため、人体の回旋動作を測定するのに適している。著者らは3 Spaceを用い、

食事動作における上肢の動作を測定してきた^{3, 4)}。食事動作における上肢の動作能力の他の報告は、Morrey B F ら⁵⁾、Brumfield R H ら⁶⁾、小嵐ら⁷⁾、中山⁸⁾、高崎ら⁹⁾にある。Morrey B Fは水を注ぐ、グラスの水を飲む、フォークで食べるなどの動作中の肘関節の屈曲・伸展角度と前腕の回旋角度を、Brumfield R Hは同様の用具における手関節の屈伸角度を測定したことにより、それぞれの用具に必要な関節可動域を明らかにした。また、小嵐らはスプーンでの食事動作の分析において肩関節の運動角度を算出した。中山は昭和大学リハビリテーション科において測定した箸使用時の運動角度データを紹介⁸⁾した。また高崎ら⁹⁾は、箸・コップ・スプーン・手づかみなど4つの摂食動作を比較し、コップでの動作において他の動作より肩外

1. 神戸大学医学部保健学科
2. 茨城県立医療大学
3. 大阪電気通信大学

転と前腕回内が大きかったと報告し、箸動作については、肩外転の動きと前腕回内が小さく回外が大きいと報告しているが、詳細は掲示されていない。以上の先行研究は、箸とスプーンを用いた肩・肘・前腕の各関節運動がどのような特徴を有するかを同時に計測し、詳細に報告したものではなかった。

著者らは食事動作の中でも箸での動作に注目し、器の位置により前腕の回旋可動域がどのような影響を受けるか検討した³⁾。また、その中で前腕の回旋可動域に影響を及ぼす因子として考えられる肩関節の外転運動についての検討も行った⁴⁾。しかし、箸での食事動作における上肢の運動は、肩・肘・前腕・手・手指すべての関節運動が複合した動作であり、それらの関節を統合した分析が必要である。また、箸での食事の前訓練として臨床でよく見かけるスプーンでの食事では、箸での動作とどのように異なるのか分析することで、箸動作の特徴を明確にし、難易度を知る手がかりを得ることができる。そこで今回、肩関節の外転・前腕の回旋可動域や食事時間の分析に、新たに肘関節の屈曲の分析を追加し、箸またはスプーンでの食事において、それらがどのように異なるかを明確にすることを目的として、3 Spaceを用いて経時的に測定した。箸またはスプーンと食器そして実際の食品を用い、関節の動きを3次元で経時的に測定し、人体の関節可動域で表示したことにより、肩関節の外転角度と肘屈曲角度および前腕の回旋可動域が、箸またはスプーンの使用によってどのように異なるかが明らかとなった。

対象と方法

1. 対象

健常な6名の学生(男2名、女4名)を対象とした。年齢は 20.3 ± 0.8 歳(年齢幅19~21歳)。全員が右利きであり、測定上肢に運動生理学的な障害や整形外科疾患などの既往がない人であった。

2. 方法

課題は(1)「箸で漬けものを食べる」、(2)「スプーンで漬けものを食べる」であった。

漬け物は、「箸から滑りにくく、箸とつまむ物との位置あわせが容易で、箸先のつまむ力が弱く調節も必要としない物」¹⁰⁾のひとつであり、把持後も箸から落ちにくい素材である福神漬けを用いた。これは素材の把持に注意を注ぐことなく口中への移動が可能であり、スプーンを利用する場合においても、液体に比べてこぼれる可能性が少ないという特徴を持っている。

箸は木製の塗り箸(長さ22.5cm、重さ10グラム)を用い、スプーンは竹製(長さ20.0cm、重さ11.0グラム)のカレー Spoonを用いた。また器は陶器製の皿(直径16.3cm、高さ4cm、深さ3cm)を用いた(図1)。

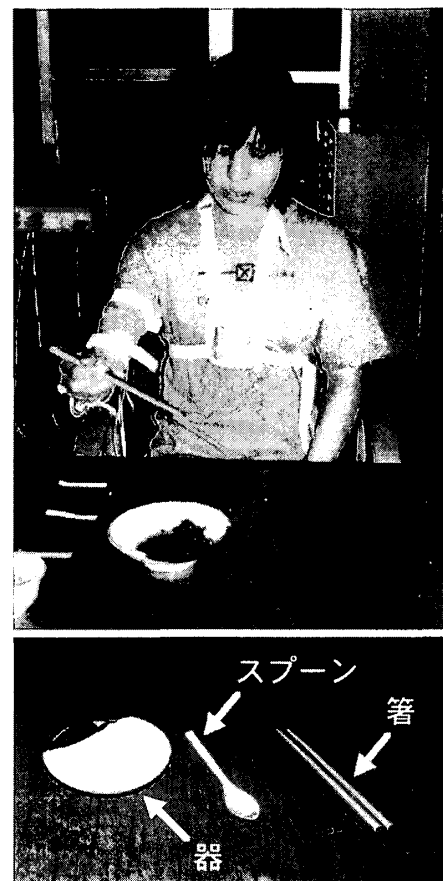


図1. 計測状況と実験に用いた用具

測定には3 Spaceを用い、各被験者の食事動作中の肩関節の外転角度と肘関節の屈曲角度、

前腕の回内外角度および一動作に要する時間を計測した。

被験者は高さ70cmの木製机に向かい、下垂した上肢の肘頭の高さが机上面に一致するように椅子の高さを調節した。椅子は座面が上下可動式であり、金属使用のできるだけ少ないものとし、アームレストは樹脂製であった。

器は肩関節屈曲・伸展、内・外転、内・外旋中間位で肘屈曲90度、手関節中間位で手指伸展0度の中指指尖部へ配置した¹¹⁾ (図2)。

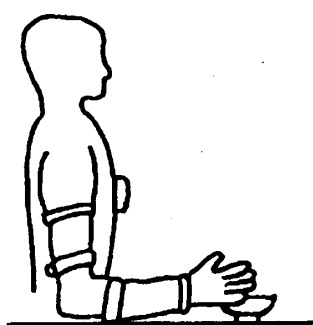


図2. 器の位置

肩関節の外転を検出するための測定機器のセンサーは、上腕骨遠位部で肘頭から約10cm近位部にベルトとスプリント材を用いて固定した。肘関節の屈曲角度を検出するためには肩関節の外転を検出する目的で固定した上腕骨遠位部のセンサーと、ベルトを用いて尺骨近位部背側に固定したセンサーを用いた。前腕の回旋を検出するためのセンサーは、肘関節屈曲角度を検出するために尺骨近位部背側に固定したセンサーと、前腕遠位端背側に茎状突起を覆うように作製したスプリントに固定したセンサーを用いた。センサーの座標基準となるトランスミッターはスプリント材料に固定し胸骨剣状突起部に位置するようベルトで固定した。なお、トランスミッターと上肢に固定されたセンサーとの間には、磁気への影響を除去するために貴金属や時計などの金属を取り外した。

測定中は、体幹による代償運動を制限するため、椅子の背もたれに体幹をベルトで固定した。できるだけ通常の食事動作を測定するために、食事開始から3動作目を測定対象とした。また、

食事開始前のセンサーの角度と、食事終了後のセンサーの角度の変位が5度以下のデータを対象とした。なお、今回の測定における一動作とは、「器内の食材をつまみ（すくい）終えてから、口へ運び、再び器の中の食材に触れるまで」とし、箸使用時における「つまむ」ための時間や、スプーン使用時における「すくう」ための時間は含まないこととした。また、この一動作のうち、口まで食材を移動する時間を前半時間、口から食材まで用具を移動する時間を後半時間とし、前半時間と後半時間を合わせて全時間とした。

統計処理は、同一被験者が箸で食事した場合と、スプーンで食事した場合の各関節角度および時間を、Wilcoxonの符号付順位検定 (Stat View ver5) で比較し、危険率5%未満を有意差ありと判定した。

3. 角度検出方法

測定機器である3Spaceは、トランスミッターからみた各センサーの3次元における位置情報 (座標: X、Y、Z) および角度情報 (オイラー角: azimuth、elevation、roll) の2種類6つのデータを30Hzでサンプリングする。

通常この測定機器における角度検出の方法は、3つのセンサーのデータを利用して、それら3つのセンサーのなす角度を求めることになっている。しかし今回の実験では、上腕遠位部に設置したひとつのセンサーの傾き情報を前額面に投影し、その角度を肩関節の外転角度とした。肘関節の屈曲角度の検出は、測定時に得られたデータが、トランスミッターから見たセンサーの位置・角度情報であるため、得られたデータをファイル変換 (座標変換プログラム「TRN 3 S」: MP ジャパン製、得られた生のデータであるトランスミッター基準の座標系から任意のセンサーを中心とした座標系に変換するソフト) して、上腕部遠位端に固定されたセンサーを基準座標とし、上腕部遠位端のセンサーから見た前腕近位部に固定されたセンサーのデータに変換し、前腕近位部のセンサーのデータを読みとることで屈曲角度を得た。前腕の回旋角度

は、前腕の近位部と遠位部に固定したセンサーのねじれの角度 (roll) の差をもとに得た。

測定にあたっては、最初に被検者の上腕を内外転0度、肘関節屈曲90度、前腕回内外0度の位置におき、これを初期肢位として1秒間測定した。その後、食事動作を計測し、再び初期肢位で1秒間計測した。肩関節外転の角度の算出は、以上の3つの測定における、トランスミッターから見た上腕のセンサーの角度情報を著者が作成した計算式⁴⁾を用いて算出した。次に、初期肢位での外転角度と動作中の外転角度との差を、食事動作における肩関節の外転角度とした。肘屈曲角度算出の方法は、初期肢位および食事動作におけるデータを前述のソフトを用いて座標変換し、食事動作中の肘関節屈曲角度と初期肢位での肘屈曲角度を元に修正した。同様に前腕の回旋角度も食事動作時のデータを初期肢位でのデータを元に修正し、実際の人体モデルにおける角度とした。また計算したそれぞれの角度をもとに、一動作の時系列グラフを作成して、肩外転・肘屈曲・前腕回旋の角度を確認した。検定にあたっては、それぞれの一動作における最大値、最小値、最大値と最小値の幅を求めた。

肘関節屈曲角度の計算式：肘屈曲角度 = $\tan^{-1}(\tan(-\text{elevation})/\cos(\text{azimus}))$

この計算式で求めた肘屈曲角度は位相の問題から、実際にはあり得ない角度 (たとえば肘屈曲角度 = -80度) を示す場合がある。この問題を解決するために、前腕の近位部に固定したセンサーの角度情報であるazimusが180度から90度

を示した場合は、求めた肘屈曲角度に180度を加えて補正した。同じくazimusが、90度から-90度となった場合には、補正を行わず求められた肘屈曲角度をそのまま肘関節の屈曲角度とした。さらにazimusが-90度から-180度となった場合にも、180度を加えて補正した値を肘屈曲角度とした。

結 果

箸を用いた場合とスプーンを用いた場合の比較では、箸を用いた場合の肘屈曲最小値が $90.2 \pm 12.6^\circ$ 、スプーンを用いた場合の肘屈曲最小値は $79.2 \pm 12.0^\circ$ であり、箸を用いた場合の方が 11° 大きかった ($p < 0.05$)。このことは箸を用いた方が一動作における肘の伸展角度が小さいことを意味する。一方、箸を用いた場合の肩外転最大値・肩外転幅・肘屈曲幅は順に $17.0 \pm 2.8^\circ$ 、 $4.3 \pm 1.7^\circ$ 、 $31.7 \pm 9.9^\circ$ であり、スプーンを用いた場合はそれぞれ $29.2 \pm 6.6^\circ$ 、 $14.1 \pm 6.6^\circ$ 、 $41.3 \pm 10.2^\circ$ で、スプーンを用いた場合の方が大きかった (肩外転最大値が 12° 、肩外転幅が 10° 、肘屈曲幅が 10°) ($p < 0.05$)。つまり、スプーンを用いた場合の方が大きく肩を外転するためにその可動域幅も大きく、肘伸展が大きく伸展するためにその可動域幅も大きいという結果となった。他の項目 (肩外転最小値、肘屈曲最大値、回外最大値、回外最小値、前半時間、後半時間、全時間) には両条件間に有意な差は認められなかった (表1)。

表1. 関節の角度と動作時間

	肩外転最大値	肩外転最小値	肩外転幅	肘屈曲最大値	肘屈曲最小値	肘屈曲幅
箸	17.0 ± 2.5	12.8 ± 3.6	4.3 ± 1.7	121.9 ± 4.4	40.2 ± 12.6	31.7 ± 9.9
スプーン	29.2 ± 6.6	15.2 ± 2.1	14.1 ± 6.6	120.6 ± 4.2	79.2 ± 12.0	41.3 ± 10.2
	回外最大値	回外最小値	回内外幅	前半時間	後半時間	全時間
箸	52.8 ± 3.9	-4.1 ± 5.8	56.9 ± 9.5	0.73 ± 0.12	0.81 ± 0.10	1.54 ± 0.19
スプーン	48.9 ± 5.8	-4.1 ± 6.7	53.1 ± 8.4	0.89 ± 0.17	0.79 ± 0.17	1.68 ± 0.26

(角度：度，時間：秒) * : $p < 0.05$

考 察

箸と比較してスプーンで食事する場合は、肩関節の外転と肘関節の屈曲幅が大きい、前腕の回旋は同程度であることが分かった。箸で食事するときには、いったんはさんだ食材をはさみ続ける限り、どのような角度となっても落とす心配はない。しかし、スプーンで食事するときには、いったんすくい上げた食材を、落とさないようにスプーンの面をできるだけ水平に保つ必要がある。つまり、食材を落とさぬようにスプーンの面を保つ動作が必要となるため、箸での食事と比べて肩関節と肘関節の大きな角度が要求されるのではないかと考えられた。スプーンの面を一定に保つためには、前腕の回旋運動が大きな役割を果たすと予測していたが、今回の実験ではそれを支持する結果とはならなかった。一般に、前腕の回旋可動域に筋力または関節上の問題を有する場合、前腕を回内する時には肩関節の内旋運動と外転運動によって回内運動を代償すること、前腕の回外には肩関節の外旋運動と外転運動によって代償することが知られている^{12, 13)}。これは回内運動や回外運動が制限された場合にその機能を代償するために肩関節が働くということを意味しているが、今回の実験のように対象者が健常者であり、前腕の回旋可動域に制限がない場合は当てはまらない。しかし、スプーンで食事した方が肩関節の外転可動域が大きかったということは、次のような原因も予測される。効率的に使用できる前腕可動域幅がある程度決まっており、食事用具を用いることでそれを超過した可動域が必要となる場合には、その超過分を肩関節の運動で補ったということも考えられる。ところが、肩関節の回旋角度が今回の分析対象に入っていないため、食事における明確な肩関節の役割を論じることができない。これらの証明には肩関節の回旋角度も分析の対象とする必要がある。

小嵐ら⁷⁾は、フレキシブルゴニオメーターとビデオカメラを用いたスプーンでの食事動作の分析において単一例を検討し、肩関節の動作角

度を著者らの方法と同じく、前額面での角度として算出している。それによると、器の位置が著者らの条件とは違うものの、外転角度が最大で110度ほど必要であると図示している。この場合、角度検出の基準点が、皿にリーチした際の上肢の位置であり、人体モデルにおける外転角度とは一致していない（基準点の時点で約30～40度の外転角度を有しているように思われる）。しかし、著者らの実験におけるスプーンでの外転角度（最大外転角度は 29.2 ± 6.6 度）よりは大きい。

Morrey B Fら⁵⁾は、食事動作におけるフォーク使用時の前腕回旋可動域が、回内10.4度から回外51.8度であったと報告している。今回測定した箸での前腕回旋可動域は、回内4度から回外53度の範囲であり、スプーンでは、回内4度から回外49度の範囲であった。さらに、Morrey B Fらは肘関節の屈曲角度において、最小85.1度から最大128.3度を要するとも報告している。今回測定した実験において、肘関節の屈曲角度は箸の場合最小90度で最大122度、スプーンの場合最小79度で最大121度であった。Morrey B Fの結果から、フォークによる摂食が箸・スプーンによる摂食より大きな回内外角度を必要とすること、フォークやスプーンで摂食する場合に比べて箸で摂食する場合は肘関節屈曲が少なくすむことが示唆される。しかし、回旋運動および肘関節屈曲運動における以上の点の証明には、同じ条件で、今回用いた用具に加えてフォークを取り入れた場合の比較検討が必要である。

今回の実験において、その動作時間は2条件間に有意な時間差が観察されなかった。これは使用する用具（箸かスプーンか）が食事動作の時間に影響を及ぼさない、すなわち食事動作時間には他の要因が存在することが推測された。このことは、箸であってもスプーンであっても、食材が保持しやすいものであった場合には影響がないと考えられる。たとえばプリンのようにスプーンに適した食材を用いて、箸で食事した場合とスプーンで食事した場合とでは、その食

事動作時間に大きな相違が起こることは容易に考えられる。したがって、今回の実験のように、箸とスプーンとで時間の相違がなかったということは、どちらの用具においても時間に影響を与えないという点に関して、適した食材であったのではないかと考えられる。

以上のように肩関節・肘関節・前腕・手関節・手指の複合的な運動である食事動作は、肢節の統合された運動として分析される必要があるため、肩関節の屈曲・回旋の要素も検討される必要がある。また実際の食事動作では、体幹の前屈によるリーチの代償や、頸部屈曲による代償が含まれており、それらの要因も特定される必要がある。今後は上記の点を検討すると共に、対象者数の増加と、同一用具による異なる食材による測定が課題となる。

文 献

1. Judd S D, Genevieve A D, Duncan J M. Evaluation of a long-range transmitter for use with a magnetic tracking device in motion analysis. *J Biomech* 31:957-961, 1998.
2. McGill S M, Cholewicki J, Peach J P. Methodological considerations for using inductive sensors (3SPACE ISOTRAK) to monitor 3-D orthopaedic joint motion. *Clin Biomech* 12:190-194, 1997.
3. 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—器の位置による検討—. *神大保健紀要* 14: 53-59、1998.
4. 長尾徹、村木敏明、金子翼、他. 箸での食事動作における前腕回旋運動と動作時間に関する予備的実験—前腕の回旋と肩の外転角度の関係—. *神大保健紀要* 15: 61-67、1999.
5. Morrey B F, Askew L J, An K N, et al. A biomechanical study of normal functional elbow motion. *J Bone Joint Surg* 63-A: 872-877, 1981.
6. Brumfield R H, Champoux JA A. Biomechanical study of normal functional wrist motion. *Clin Orthop* 187: 23-25, 1984.
7. 小嵐芳斗、西原一嘉、岡本大輔、他. 上肢の動作分析～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 pp.23-26、1997.
8. 中山千丈. 手指の動作. *理学療法学* 25: 255-257、1998.
9. 高崎幸雄、北川寛直、神宮俊哉、他. 摂食動作における上肢の関節可動域の検討. *リハ医学* 34: 792、1997.
10. 清宮良昭、長谷川聡世、寺本昌代、他. 箸つまみ動作の速度が異なる課題を練習したときの練習効果の違い. *作業分析学研究* 3: 5-10、1992.
11. 鎌倉矩子. 手指使用時における手関節の肢位とその変化 —機能訓練および機能的副子における手関節の役割に関する考察—. *リハ医学* 14: 57-72、1977.
12. Helen J H、Jacqueline M 著. 津山直一訳. 新・徒手筋力検査法. 東京、協同医書、pp.120、pp.123、1996.
13. 竹内孝仁他編. 体表解剖と代償運動. 東京、医歯薬出版、pp.149-154、2001.

Comparison between Range of Motion in Shoulder, Elbow and Forearm as well as Time Necessary for Feeding Activities with Chopsticks and Spoon

Toru Nagao¹, Tasuku Kaneko¹, Yasuo Tukamoto¹, Soichiro Hirata¹,
Toshiaki Muraki², and Masaki Yoshida³

ABSTRACT : The purpose of this study was to determine the differences in shoulder-abduction, elbow-flexion, and forearm-rotation, and differences in time between eating with chopsticks and spoon. Six students (2 men and 4 women, age : 20.3 ± 0.8 years [range : 19-21]) participated in this study. Using an electromagnetic tracking device system we performed a three-dimensional measurement of the motion of eating pickles with chopsticks and spoon. The subjects sat on a height adjustable chair with the olecranon at the same height as the 70 cm high wooden desk. The dish was placed a forearm-length away from the subject's trunk. As a result, it was revealed that abduction as well as maximum abduction of the shoulder, and elbow flexion when using spoon showed significantly larger ranges than those in using chopsticks ($p < 0.05$). Then minimum elbow flexion was significantly smaller ($p < 0.05$). There were no significant difference in remainder parameters between feeding activities with chopsticks and spoon. These findings suggested that range of motion of shoulder and elbow may increase due to fear of dropping pickles from the spoon.

Key Words : Eating, Chopsticks, Spoon, Range of motion, Three dimensional motion.

1. Faculty of Health Sciences, Kobe University School of Medicine.

2. School of Health Sciences, Ibaraki Prefectural University of Health Sciences.

3. Faculty of Engineering, Department of Biomedical Engineering, Osaka Electro-Communication University.