

計測姿勢の違いが手先の運動軌道に与える影響

宮寺 亮輔

文京学院大学 保健医療技術学部 作業療法学科

要旨

車椅子使用者の日常生活動作における効率的な上肢活動の評価には、計測姿勢を考慮した視点が必要である。本研究では、上肢活動時の手先の運動軌道に着目し、7名の健常成人を対象に簡易上肢機能検査(Simple Test for Evaluating Hand Function, STEF)を実施し、計測姿勢の違いによる上肢機能への影響をSTEFの所要時間と時間測定時の動作軌跡長の結果から比較検討した。その結果、4つの下位項目において適合姿勢に比べて仙骨座り姿勢が、所要時間が有意に長くなり軌跡長が有意に短くなった。この運動効率を非効率とさせた原因として、姿勢変化に影響を受けた上肢の「支持機能」が姿勢の保持に働き、「到達機能」、「把持機能」が十分に発揮できなかったことが推察された。また、所要時間と動作軌跡長などの運動学的視点からSTEF検査の運動課題の特徴を分析する際に、「大球」、「中球」、「中立方」、「小球」などの下位項目は、つかみ動作、つまみ動作、巧緻動作の評価に有用である可能性を示した。

キーワード

シーティング, 上肢機能, 運動軌道

緒言

椅子使用者の身体的並びに社会的適合を図るための車椅子の調整技術(以下、車椅子シーティング)において、生体動作の要となる上肢機能を検討することは重要である。

近年根拠に基づいた実践(evidence based practice)が叫ばれ、セラピストの訓練された感覚に依存していた活動機能に関する知識を定量的な情報とし理論化することが求められており、上肢機能も同様と考える。また、その理論化した定量的な情報は、リハビリテーションの再現性・正確性を高め効率化が図れ、患者やセラピストラ医療従事者への負荷を低減することにも繋がると考える。

上肢機能の役割は「支持機能」、「到達機能」、「手指把持機能」と位置づけられ^{1,3)}、「支持機能」を「支持(support)だけでなく、上肢を構成する肩甲骨・肩関節・肘関節によって得られる姿勢保持(安定性・固定性)のために働く機能」、「到達機能」を「姿勢制御に必要な頭部・体幹の反応を含めた上肢を限界に伸ばすための機能」、「手指把持機能」を「つかみ動作(grasp)とつまみ動作(pinch)を基本とした手指の機能」と捉えられている。これらの役割は、本研究においても分析の着目点としてきた。先の研究^{4,5)}より、車椅子座位で測定できる上肢機能の評価方法を検討するため、特定の疾患を対象にしておらず、机上で行うことができる、標準化のための効果検証もなされているなどの理由

から簡易上肢機能検査(Simple Test for Evaluating Hand Function, STEF)^{6,7)}を使用してきた。STEFは物品を運ぶという行為を所要時間および観察から検査の経過に起こった事象(動作の速度や作業内容など)を比較的短時間に把握できる。検査項目ごとに健常者データにより算出された段階の評定基準が設定されており、合計得点は年齢区分ごとの標準値が表示され、上肢機能の客観的評価、特に手指の巧緻運動性を定量的に評価する際に役立つとされる^{6,8)}。しかし、STEFの実施方法には、計測姿勢が特に定められておらず、姿勢の違いによる上肢機能への影響が検討されていないため、前述の上肢機能の3つの役割を関連させた検討が必要であると考えた。

一方、運動機能の測定には、種々の臨床的な評価法や、三次元動作解析装置や床反力計などの測定機器が使用され、リーチ動作の軌道⁹⁾や重心移動域¹⁰⁾の解析は客観的な運動機能評価指標として有用性が検討されている。これらを使用した分析により、座位調整などによって姿勢の違いが起こった際の上肢機能の評価指標になるだけでなく、STEFの下位検査の項目と同様の活動を含む上肢機能検査や生体動作を解釈することに発展できると考えた。

本研究の目的は、机上で評価できるSTEFにおいて先の研究⁵⁾にて抽出した運動課題の結果を参考に、計測姿勢の違いによる上肢機能への影響を手先の運動軌道の特徴から明らかにすることである。

対象と方法

1. 対象

対象は利き手が右手の健常成人7名(27.3 ± 3.7歳)とした。

2. 使用機器

測定には以下の機器を使用した。

- (1) 車椅子, 車椅子クッション
 - ・Revo Next (ラックヘルスケア社製)
 - ・車椅子クッションTC-064 (タカノ社製)
- (2) 上肢機能検査スケール
 - ・簡易上肢機能検査 (STEF, 酒井医療株式会社製)

3. 計測方法

3-1. 車椅子と検査環境の対象者への適合

車椅子の座シート奥行, バックサポート高, アームサポート高, フットサポート高は, 車椅子クッションを設置した状態で対象者の身体寸法に合わせて調整した。シート奥行は, 座底長-50mm, アームサポート高, フットサポート高は対象者の座位肘頭高, 座位下腿長に, バックサポート高は対象者の座位腋下高-100mm, フットサポート高は対象者

の膝関節が屈曲90°, 足関節が底背屈中間位となる高さに調整した。シート角度は後傾3°, バックサポート角度は5°とし, バックサポートの張り調整は行わない(テクノエイド協会の推奨値)¹¹⁾。

3-2. 上肢機能検査

上肢機能の検査にはSTEFを使用した。STEFは上肢の動作能力, 特に動きの早さを客観的に, 簡単に短時間に把握する目的で開発された検査方法である^{6,7)}。検査項目は種々の大きさの球やピンなど10項目(大球, 中球, 大直方, 中立方, 木円板, 小立方, 布, 金円板, 小球, ピン)で構成される。

3-3. 検査肢位

STEF検査台を置く机の高さは車椅子のアームサポート高に合わせた。机の手前の縁は車椅子座シート前縁の直上に位置させ, STEF検査台は手前の縁が机の手前の縁と重なる位置に設置した。この検査環境において, ①殿部を車椅子の座シート奥へ詰めて座り, 股関節・膝関節90°屈曲位, 足関節底背屈0°を目安に上体を直立させた座位姿勢(以下, 適合姿勢), ②適合姿勢から坐骨を10cm前方に滑らせた姿勢(仙骨座り姿勢)で検査を行った。②においては, 膝蓋骨下縁の前方への移動距離を確認した。

3-4. 測定項目

STEFを構成する10項目の下位検査の全てを利き手で

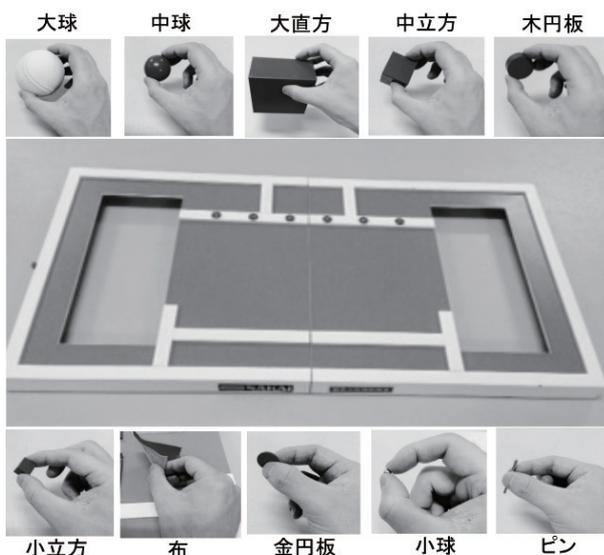


図1. STEF10項目

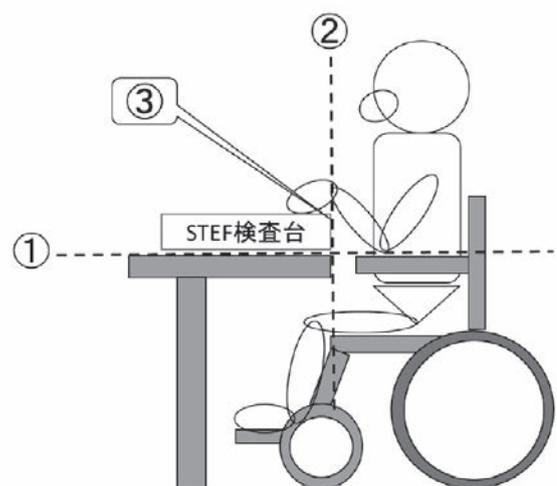


図2. 車椅子, テーブル, STEF 検査台の配置

- ① STEF 検査台を設置する机の高さは車椅子のアームサポート高と同一に設定
- ② 机の手前の縁が車椅子座シート前縁の直上に位置する場所に机を設定
- ③ STEF 検査台は手前の縁が机の手前の縁と重なる位置に設定

行った以外は原法^{6,7)}に従い実施した。STEFの下位検査の順番はランダム化して実施した。下位検査10項目の所要時間の秒数を、ストップウォッチを用いて計測した。

4. 動作解析

動作解析は三次元動作分析システムVICON MX (VICON社製)を使用した。カメラの座標系は、左右方向をX (右方向が+)、進行方向をY (正面方向を+)、鉛直方向をZ (上方向を+)と一致させ、計測周波数は100Hzとした。貼付マーカの位置は、第3中手骨頭¹²⁾とし、3次元座標の値を追跡した。今回の解析データは課題をSTEFとし、原法^{6,7)}に習い手先がSTEF検査台から離れた時点から最後の物品を目的地に運びリリースした時点までの間の手先の軌跡を解析した。

5. データ処理方法

STEFの検査結果に関しては、原法^{6,7)}では、各下位検査の計測時間を得点プロフィールに基づき得点化 (100点満点) するが、今回は対象が上肢機能に障害が認められない健常成人のため、下位検査のほとんどが満点に分布する傾向があり差の検定が困難であること、動作解析の要素として検討されていることから、計測時間を測定値として使用した。

STEFの動作分析に関しては、貼付マーカから座標位

置関係を定義し、VICON Body Builder ver3.6にてX, Y, Z軸における座標値を分析した。動作解析には動作の軌跡長を使用した。

今回は動作範囲を簡便に把握できる指標とされ、座標の時間的変化を観測でき¹³⁾、実際の生活活動と関係がある指標¹⁴⁾とされる動作の軌跡長を分析した。

統計学的解析として、所要時間と軌跡長における適合姿勢と仙骨座り姿勢の平均値の差を対応のあるt検定で分析した。また所要時間と軌跡長の関連の検討にはPearsonの相関係数を用いた。統計ソフトはIBM SPSS Statistics Ver.23を使用し、統計処理における危険率は5%未満とした。

6. 倫理的配慮

本研究は文京学院大学倫理委員会の承認 (承認番号: 2015-0004) を得て、指針に従い、被験者には主旨と目的を文書にて説明し、同意書に署名を得て実施した。

結果

STEF10項目の所要時間 (図3) では、適合姿勢 (大球: 6.4 ± 0.7 秒, 小立方: 6.8 ± 0.7 秒, 金円板: 8.4 ± 0.6 秒, 小球: 9.9 ± 1.4 秒) が仙骨座り姿勢 (大球: 7.1 ± 0.7 秒, 小立方: 8.2 ± 1.5 秒, 金円板: 9.0 ± 0.8 秒, 小球: 12.8 ± 2.8 秒) より有意に短かった ($p < 0.05$)。STEF合計所要時間

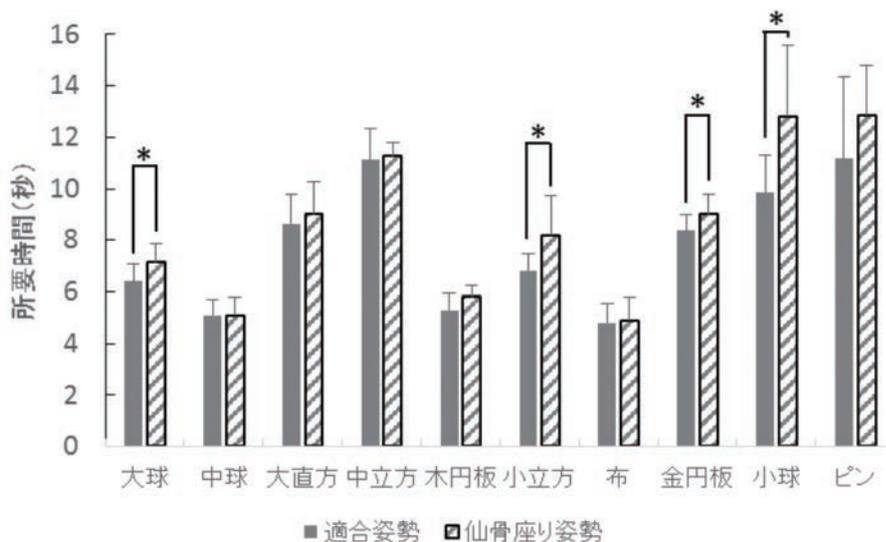


図3. STEF10 項目の所要時間 (n=7)
Mean ± SD, 対応のある t 検定, * : $p < 0.05$

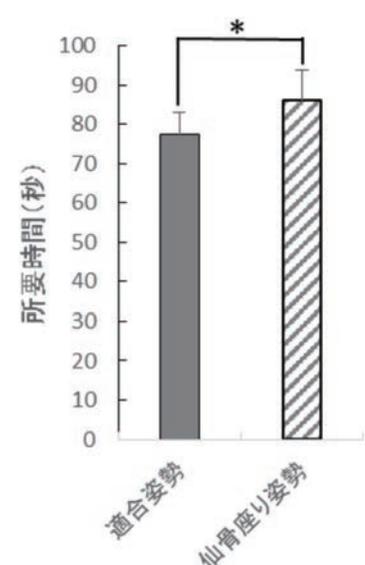


図4. STEF 合計所要時間 (n=7)
Mean ± SD, 対応のある t 検定, * : $p < 0.05$

(図4)においても、適合姿勢 (77.6 ± 5.5秒) が仙骨座り姿勢 (86.1 ± 7.5秒) より有意に短かった (p < 0.05).

STEF10項目の軌跡長(図5)では、「大直方」において、適合姿勢 (6041.6 ± 178.0mm) が仙骨座り姿勢 (5829.4 ± 280.4mm) に比べ有意に長かった (p < 0.05). STEF10項目のX・Y・Z軸方向別の軌跡長の結果を図6に示す. 軌跡長がX軸方向つまり水平面の運動では、適合姿勢と仙骨座り姿勢とで差が認められる検査項目はなかった. 軌跡長がY軸方向つまり矢状面の運動では、「小立方」、「金円板」、「小球」、「ピン」において、適合姿勢 (小立方; 2814.7 ±

83.8mm, 金円板; 2812.2 ± 219.9mm, 小球; 3360.8 ± 148.9mm, ピン; 2637.2 ± 126.9mm) が仙骨座り姿勢 (小立方; 2696.6 ± 103.6mm, 金円板; 2518.4 ± 248.9mm, 小球; 3225.5 ± 87.6mm, ピン; 2489.1 ± 172.2mm) より有意に長かった (p < 0.05). 軌跡長がZ軸方向つまり前額面の運動では、「大直方」において、適合姿勢 (2097.6 ± 238.3mm) が仙骨座り姿勢 (1887.2 ± 270.0mm) より有意に長かった (p < 0.05).

STEFの所要時間と軌跡長の相関関係を表1に示す. 適合姿勢では、X軸方向の「中立方」(r=0.861, p < 0.05), 「小

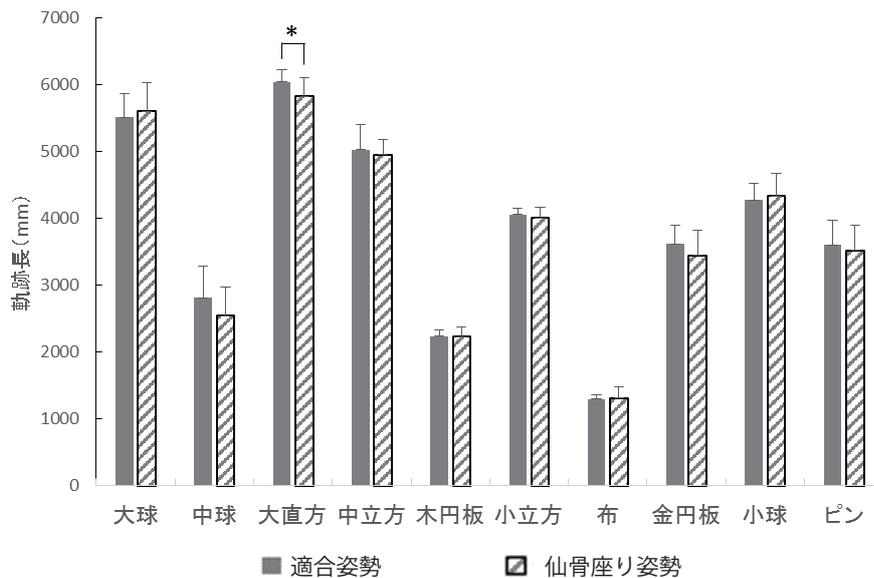


図5. STEF10項目の総軌跡長 (n=7)
Mean ± SD, 対応のある t 検定, * : p < 0.05

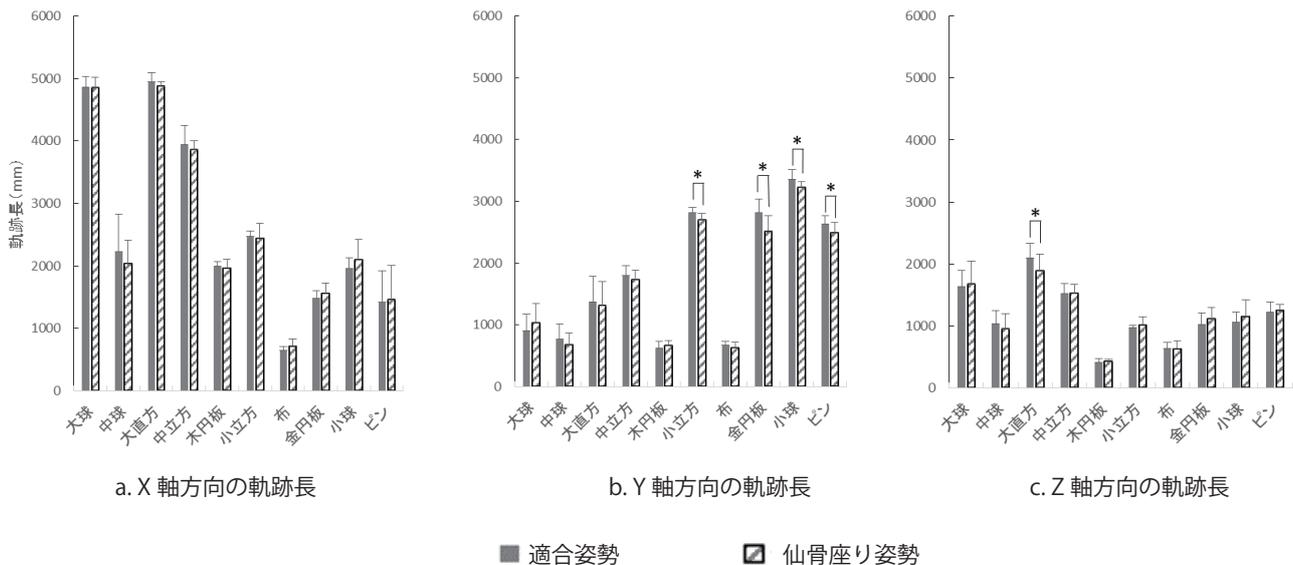


図6. STEF10項目のX・Y・Z軸方向別の軌跡長 (n=7)
Mean ± SD, 対応のある t 検定, * : p < 0.05

立方」($r=0.874, p < 0.05$) , 「ピン」($r=-0.796, p < 0.05$) , Y軸方向の「金円板」($r=0.845, p < 0.05$) , Z軸方向の「金円板」($r=0.762, p < 0.05$) , 総軌跡長の「中立方」($r=0.842, p < 0.05$) , 「小立方」($r=0.874, p < 0.05$) , 「金円板」($r=0.901, p < 0.05$) において, 所要時間と軌跡長に有意に強い相関関係があった. 仙骨座り姿勢では, X軸方向の「小球」($r=0.847, p < 0.05$) , Z軸方向の「中球」($r=0.761, p < 0.05$) において, 所用時間と軌跡長に有意に強い相関関係があった.

考察

STEF10 項目の所要時間の比較では, 「大球」, 「小立方」, 「金円板」, 「小球」などにおいて, 適合姿勢が仙骨座り姿勢よりも有意に早かった. これは, 計測姿勢が変更され, 体幹部の支持性が低下した環境下では, この上肢の「到達機能」を発揮するための「支持機能」が低下していたことが推察される. この現象が体幹部と上肢帯の協調性に障害因子として影響した結果, 上肢のパフォーマンスが低下したと考えられる. また, 表2の通り, これらの検査項目の

表1. 各計測座位姿勢における2指標(所要時間, 軌跡長)の相関関係

相関関係(所要時間-軌跡長)					
		X軸軌跡長	Y軸軌跡長	Z軸軌跡長	総軌跡長
適合姿勢	大球	0.650	0.024	0.621	0.539
	中球	-0.235	0.625	0.356	-0.061
	大直方	0.504	0.135	0.053	0.675
	中立方	0.861 *	0.480	0.753	0.842 *
	木円板	0.698	-0.276	-0.252	0.479
	小立方	0.874 *	0.358	0.723	0.874 *
	布	0.026	-0.619	-0.134	-0.262
	金円板	0.371	0.845 *	0.762 *	0.901 *
	小球	-0.184	0.122	-0.183	-0.056
	ピン	-0.796 *	-0.051	0.418	-0.457
	仙骨座り姿勢	大球	0.570	-0.172	0.201
中球		0.435	0.696	0.761 *	0.662
大直方		-0.184	0.421	0.718	0.502
中立方		-0.732	-0.071	-0.504	-0.545
木円板		0.249	0.520	-0.547	0.390
小立方		-0.055	-0.280	0.400	0.101
布		0.580	-0.037	0.414	0.521
金円板		0.117	0.560	0.654	0.527
小球		0.847 *	0.641	0.468	0.727
ピン		0.573	0.235	0.712	0.620

Spearman の順位相関係数, $n=7$, *: $p < 0.05$

表2. STEF で使用する検査物品と検査板上の運動方向について(内山ら, 2003, 一部改変)

下位検査	形状・材質	数量	検査板上の運動方向
大球	直径6.8cm・80gのソフトボール	5個	右から左へ
中球	直径4.0cm・15gの木製の球	6個	手前から右へ
大直方	10.0×10.0×5.0cm・200gの木製直方体	6個	左から右へ
中立方	一辺3.5cm・15gの木製立方体	6個	右から手前へ
木円板	直径3.0cm・厚さ1.0cm・5gの木製円板	6個	右手前から左手前へ
小立方	一辺1.5cm・2gの木製立方体	6個	遠位から手前へ
布	9.7×7.0cmのビニール布	6個	一枚ずつ裏返す
金円板	直径2.0cm・厚さ0.2cm・3gの鉄製円板	6個	手前から遠位へ
小球	直径0.6cm・2gの鉄製球	6個	遠位から手前へ
ピン	直径0.3cm・長さ4.0cm・5gの鉄製ピン	6個	手前から遠位にある穴に差し込む

うち「大球」を除くほとんどが細かいつまみ動作を必要とするものであるため、計測姿勢の違いによる上肢機能への影響は、作業スピードから検討した場合に、その程度は、粗大動作よりも巧緻動作が大きかったことが伺える。

一方、軌跡長の比較では、「大直方」において適合姿勢が仙骨座り姿勢に比べ軌跡長が長い結果となった。先の研究⁵⁾にて、「大直方」はSTEFの中で運動軌跡が一番大きいという結果であったことから、この検査項目では物品の移動距離が遠いという環境設定が軌跡長に影響した可能性が考えられた¹⁴⁾。また運動課題の種類から考えた場合に、「大直方」は他の物品と比べて粗大な物品であるため、「到達機能」の発揮が求められる課題である。運動方向からは、X軸方向の成分つまり水平面方向への移動が多い課題である。つまり、計測座位姿勢が変更され「支持機能」が低下したことにより、「到達機能」である肩関節内・外転方向の運動が阻害され、上肢及び手先の運動軌道が変化したことが動作軌跡長への影響として考えられた。このことから、本研究のような手先の運動軌道进行分析する場合に、X軸成分の動作の軌跡長が、XYZ軸合成成分の動作の軌跡長に影響が強いという可能性を考えて分析を進める必要があることが分かった。

さらに運動方向別の軌跡長の比較検討からは、次の4つの下位項目（「小立方」、「金円板」、「小球」、「ピン」）がY軸方向つまり矢状面の運動方向にて両姿勢の軌跡長に差が認められた。これは、矢状面の運動つまり肩・肘関節の屈曲・伸展運動の範囲が変化したことによる手先の運動軌道の変化が起こったと捉えられる。特に矢状面の運動で影響が見られた原因としては、10cm前方に座骨が滑った姿勢では、骨盤後傾位となり、上肢を前方にリーチするのに必要な体幹の前屈¹⁵⁾を阻害したためであると考えられる。

今回STEFの所要時間と手先の運動軌道で計測姿勢の違いによる上肢機能の分析をした。「小立方」、「金円板」、「小球」では、仙骨座り姿勢が適合姿勢に比べ、所要時間が長く軌跡長が短いという結果となった。これは、座骨が前方に滑った姿勢により、骨盤を後傾させる外力と、座骨部への摩擦力に相反する車椅子バックサポートに倒れかかる外力がかかることで、体幹に問題がない健常成人にも体幹の支持性を低下させる原因となったことが推測できる。そのため、本来遠位上肢帯を駆動させるのに支持として働く近位上肢帯が、姿勢を保持することに働いたため上肢機能が十分に発揮できなかったと考える。上肢の「到達機能」から検討した場合には、運動速度が遅く動作範囲も狭い、つまり運動の自由度が制限された可能性が挙げられる。また、上肢の「手指把持機能」から検討した場合には、物品操作

に時間がかかり動作が静止することが多い、つまり作業効率の低下が考えられる。この上肢の役割の関連についての検討から、STEF実施の際は計測姿勢の設定が重要であることが確認できた。

また表1の通り、所要時間と軌跡長で有意な相関関係にあった下位検査として「中球」、「中立方」、「小立方」、「金円板」、「小球」、「ピン」が挙げられ、これに所要時間と軌跡長の分析において両姿勢間に有意な差が認められたものを加えるとすると「大球」、「大直方」が挙がる。先の研究⁵⁾において、健常成人を対象に、所要時間と動作軌跡長などの運動学的視点からSTEF検査の運動課題の特徴を分析した結果、全体検査と共変関係にあり有用であるとされた検査項目は、所要時間で「大球」、「木円板」、「小球」が、軌跡長で「中球」、「中立方」、「小球」、「ピン」であった。そのため、本報告で抽出した検査項目と共通するのが「大球」、「中球」、「中立方」、「小球」である。「大球」、「中球」はつかみ動作、「中立方」はつまみ動作、「小球」は巧緻動作に相当¹⁶⁾し、この4つの検査が手指把持機能を評価する運動課題である可能性が考えられるため、今後例数を重ねて有用性を検討したい。

結語

本研究では、計測姿勢の違いによる上肢機能への影響を分析するため、健常成人を対象に、所要時間と動作軌跡長からSTEFの結果を比較した。その結果、適合姿勢より仙骨座り姿勢において、所要時間が有意に長く軌跡長が短い項目が挙げられたことから、「支持機能」の変化から上肢の「到達機能」、「把持機能」が十分に発揮できなかったことが考えられ、計測姿勢の設定が重要であることが確認できた。また、所要時間と動作軌跡長などの運動学的視点からSTEF検査の運動課題の特徴を分析する際に、「大球」、「中球」、「中立方」、「小球」などの下位項目は、つかみ動作、つまみ動作、巧緻動作の評価に有用である可能性を示したため、今後の着目点としたい。

文献

- 1) 中江秀幸:脳卒中片麻痺患者の上肢の支持・到達機能改善のためのアプローチ. 理学療法. 2012; 29:1350-1359.
- 2) 高見彰淑:脳卒中片麻痺患者の手指・把持機能改善のためのアプローチ. 理学療法. 2012; 29:1360-1366.
- 3) 岩崎テル子, 小川恵子, 小林夏子, 他:標準作業療法学. 医学書院. 2007;182-190.

- 4) 宮寺亮輔, 亀ヶ谷忠彦, 鈴木康子, 他: シーティングの効果判定に用いる「上肢機能評価法」の開発. 日本シーティング・シンポジウム抄録集. 2014; 16-19.
- 5) 宮寺亮輔, 亀ヶ谷忠彦, 押川武志, 他: 車椅子座位で評価する上肢機能と運動課題の関係 - 手先軌道に着目した上肢活動の定量的評価の試み -. 埼玉作業療法研究. 2015; 15:2-10.
- 6) 金子翼, 平尾一幸, 村木敏明: 上肢機能検査の開発と標準化に関する研究. 神戸大学医療技術短期大学部紀要1. 1985;37-42.
- 7) 金子翼: 簡易上肢機能検査 Simple Test for Evaluating Hand Function (STEF) 検査者の手引き. 酒井医療株式会社, 日本. 1986.
- 8) 橋本光宏, 小林健一, 岡本弦, 他: 簡易上肢機能検査 (STEF) を用いた頸髄症術前後の上肢運動機能評価. リハビリテーション医学2011;38(11):912-919.
- 9) 矢島大輔, 大城昌平: 時系列データ解析による脳血管障害患者のリーチ動作の運動解析. 理学療法科学. 2008;23(6):765-772.
- 10) 柗幸伸: 支持基底面積と重心移動域の実測とその比較. 理学療法科学2008;23(2):229-234.
- 11) 公益財団法人テクノエイド協会: 高齢者のための車椅子フィッティングマニュアル) 2013
- 12) 嶋脇聡, 酒井直隆, 岡田聖也: 回転型ドアノブの把持・回旋動作における手関節および前腕関節角度変化. 人間工学. 2012;48(5):226-233.
- 13) 中村隆一, 齋藤宏, 長崎浩: 基礎運動学. 第5版, 医歯薬出版株式会社. 2002;1-38.
- 14) 井戸正敏: 上肢運動による移動動作の軌跡距離の推定. 法政大学工学部研究集報法政大学工学部研究集報. 1994;30:29-33.
- 15) 勘林智子, 佐藤秀一, 佐藤秀紀, 他: シートクッションの材質特性が前方リーチ動作に及ぼす影響. 青森保健大雑誌. 2007;8(1):37-44.
- 16) 亀ヶ谷忠彦, 宮寺亮輔, 押川武志, 他: 車椅子座位姿勢における上肢機能評価に用いる簡易上肢機能検査短縮版の開発. 理学療法科学. 2016;31(4):585-590.

The Effects of Sitting Posture on Hand Trajectory

Ryosuke Miyadera

Department of Occupational Therapy, Faculty of Health Science Technology, Bunkyo Gakuin University

Abstract

A viewpoint in consideration of sitting posture is necessary for effective activity of the arm function in activities of daily living of wheelchair user. We explored the effects of sitting posture on hand trajectory in seven healthy people were subjected to simple test for evaluating hand function; STEF with different sitting positions. Main outcome measures were description time and hand trajectory. Significant difference of the description time and trajectory in sitting posture was compared with the fitness posture in the four items. The “support function” of the arm affected in a posture change operated on maintenance of the posture as the cause which made this movement efficiency non-efficiency, and it was supposed that “the arrival function” and “the hold function” couldn’t be shown sufficiently. In addition, when the characteristic of the exercise problem was analyzed of the STEF from kinematic viewpoints such as the description time and trajectory, the lower items such as “big balls”, “medium balls”, “medium cube”, and “small balls” showed the possibility that was useful for an evaluation of grip, pinch, and elaborate movement.

Key words —— Seating, Arm function, motion trajectory

Bunkyo Journal of Health Science Technology vol.9: 13-20