

介護動作における肩甲骨の動きの測定

Measurement of movement of scapula in nursing operation

○ 田中一旭 (北海道大学大学院教育学院) 保延光一 (北海道大学大学院教育学研究院)

Kazuaki TANAKA, Gradurate School of Education, Hokkaido University

Kouiti HONOBE, Department of Human Developmental Sciences, Faculty of Education, Hokkaido University

Abstract: This study was aimed for the measurement of the scapular movement in the care. I examined the movement of the arm and a difference of the power display by measuring the dynamic movement of the shoulder blade which was not tried too much so far in chronological order as for the thing of the supposition that shoulder blade was related to for power display when I lifted a thing. The experiment measured the scapular angle change and center of gravity position change in the pattern of two movement of the arm in imitation of hands raising in the care and power when I lifted it with one's own conductive rubber sensor.

As a result, it was revealed that it could say to let the movement that scapular movement participated in greatly show big power.

Key Words: scapular,

1. 序論

昨今の日本における少子化、高齢化はとどまることを知らない。特に高齢化が進むにつれて深刻な問題となっている一つに介護問題があげられるだろう。多くの場合介護を受ける身体障害者や高齢者のことについて世間的には注目されている。身体障害者や高齢者が増え続けたために、介護者や看護者の人口は不足という問題もあがってきている。私の知り合いの中には子供たちとは別居し、骨粗鬆症になった相手を介護している人、自らも50代後半であるものの親を介護している人がある。全国的にもこのように高齢者による介護者というものは昨今では珍しくはない。高齢化によって高齢者が高齢者を介護するという「老老介護」と呼ばれているものは、今後さらに増えるということで問題になっていくであろう。このような問題の解決方法として近年介護現場で注目されてきているものの一つに、「古武術介護」がある。

私は古武術介護の中で紹介された動きの中でも特に人を抱き起こす時などに大きな役割を果たしている肩甲骨に着目し、肩甲骨の測定と関与による力発揮の違いを調べる事を目的とした。

2. 実験

1-1 実験器具

肩甲骨の角度変化を測定するために加速度センサを使用し、肩甲骨の動きを測定するために導電ゴムセンサ使用し、力の変化を測定する装置としてロードセルとパーベルを使用した。

導電ゴムセンサとは、通電する導電ゴムをブリッジ回路に組み込む事で伸縮によって変化する微小な抵抗値の変化を電圧変化として読みとれるようにしたものである。

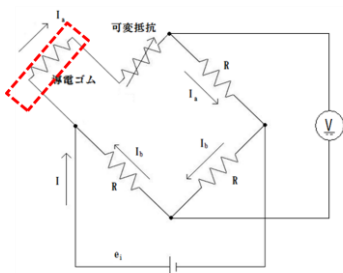


Fig.1 Experimental circuit

1-2 実験方法

被験者8名(平均年齢23.75歳)の健康な男子学生に対し、導電ゴムセンサを使用した実験を2つの動作のパターンで行った。実験時被験者には、それぞれの動作でロードセルを引き上げその時の値で測定し、力の発揮具合と肩甲骨の動きに変化が生じるかを測定した。また、パソコンからA-D変換機を通し、それぞれの装置に接続することで、装置から電圧値でデータを読み込むようになっている。

本研究では、肩甲骨を測定するための測定点を先攻研究⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾の中で使用されていた肩峰、肩甲棘、下角付近の三点を基準とした。

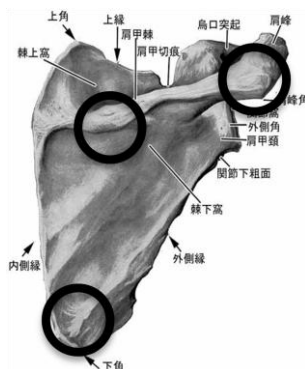


Fig.2 Measuring points of the scapula

加速度センサは、肩甲骨の角度変化を測定するために使用し、肩甲骨の重心付近で皮膚によるぶれが生じにくい肩甲棘と肩峰角の間の点に装着した。

導電ゴムセンサは、触診によってもっとも皮膚と骨の間隔が狭い肩甲棘、肩峰角、肩甲骨の横の動きが表れる位置に沿うように装着し、試技を始めた。

電源電圧を直流安定化電源とスイッチングレギュレータにより安定して5V供給するようにし、装着した時にはあらかじめ多少のテンションを持たせ、動作に伴った導電ゴムセンサの伸縮から得られる電圧の変化を読み取ることにした。

1-2-1 実験試技

実験は、それぞれ2つの動作のパターンの条件を決めその結果を測定することとした。この時の条件とは、はじめの状態と終わりの状態の形は同じであるということと、どちらの動きも90度ずつ状態を変化させること、動作の途中

で肩甲骨の動きの影響が少ないほうと大きいほうを意図的に作ることの3点である。

動作は以下の図の通りである。

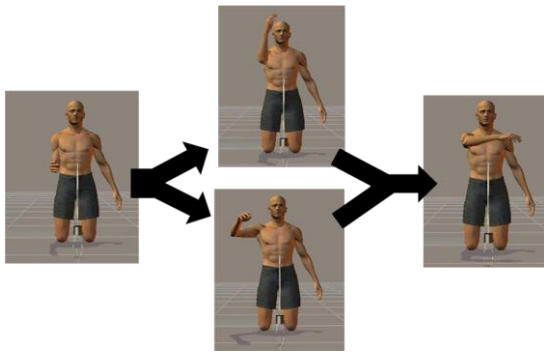


Fig.3 : Experimental work

なお、実験中は腕を屈曲させる形から入る上の動きをパターン1、外転させる形から入る下の動きをパターン2とし実験を行った。

実験は、まず立ち膝になってもらい、パターン1とパターン2の動作を行ってもらった。その後猫背にならないように気をつけてもらい、持ち上げるときの場所は松井のデータから肘の重心(肘関節から41%の位置)のところに紐を合わせ地面に固定したロードセルを上方に引っ張ってもらった。試技はパターン1、2それぞれ3回ずつ行った。

3. 実験結果

まず、加速度センサと導電ゴムセンサを装着し、各パターンの動きを測定した。その結果を数値化し、比較し誤差を求めたところ誤差は被験者平均 3.163233° であった。

次にロードセルを使用した実験は以下のグラフのようになった。

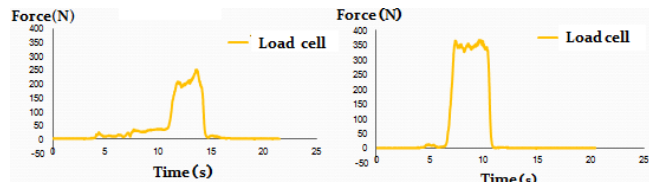


Fig.4 pattern 1

Fig.5 pattern2

また、同時に装着した導電ゴムセンサの実験結果は以下のようになった。

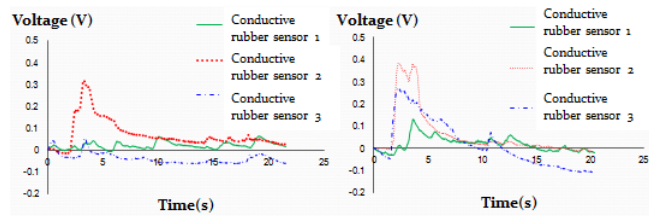


Fig.6 pattern1

Fig.7 pattern2

4. 考察

4-1 腕の動きについて

今回は腕の動きを2パターンに分け実験を行った。それぞれの動きは肩甲骨の動きを含むか含まないかという点に違いがあるという特徴がある。数学的にみると動作開始時と動作終了時は同じパラメータであるが、途中経過には違いがある。

数学的な観点と実験結果より肩甲骨の動きのあるなしを比べた結果、動きのある場合のほうが程度に差はあるが、

ほとんどの被験者が力を発揮しているということが分かった。

これは、動きの中で関与する部位がパターン1よりもパターン2のほうが多く、今回の実験のような動作の時に多くの部位を使用することで、それぞれに力を分散させたからではないかと考えられる。

4-2 肩甲骨三角形

導電ゴムセンサを使用した方法で角度を求めるには肩甲骨全体をイメージする必要がある。そこで以下の図のような肩甲骨を簡略化した二次元のモデル(以下肩甲骨三角形)として考える。P₁、P₂、P₃はこのモデルの頂点である。

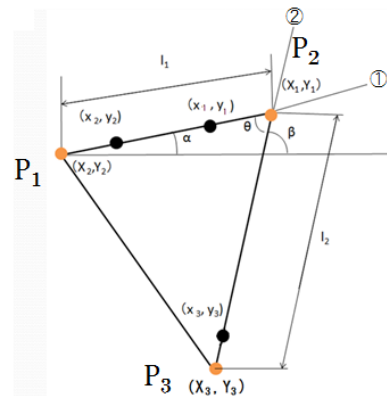


Fig.8 Scapular triangle model

この図の α の角度と加速度センサによって求められた角度を比較することで赤丸の3つは導電ゴムセンサを直接装着させた点を意味しており、 $y_1, x_2, x_3, l_1, l_2, \theta$ はそれぞれ決まっている。それらの決まった値から以下の方法で不確かな値を求めていく。

まず点2,3上を通過する直線を $y=ax+b$ ①, 点1を通過し、角度 β の直線を $y=cx+d$ ②とする。

①は点2,点3より、 $y_2=ax_2+b$ と $y_3=ax_3+b$ の連立方程式をたてることが可能であり、その時に傾き a, b が求まる。この時の角 α は $\alpha = \tan^{-1}a$ の形で求めることができる。次に肩甲骨を実際に描画するために必要な値を求めていく。

②は、角 $\beta = \alpha + \theta$, 角 $\alpha = \tan^{-1}a, c = \tan^{-1}\beta$ より、 c, d が求まる。ここで、 (X_1, Y_1) は①、②の交点だから X_1 と Y_1 が求まる。

次に $(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2 = l_1^2$ 、 $Y_2 = aX_2 + b$ を計算すると、 $(1+a^2)X_2^2 - (2X_1 + 2Y_1 a - 2ab)X_2 + (X_1^2 + Y_1^2 + 2Y_1 b + b^2 - l_1^2) = 0$ この式を $A X_2^2 + 2B X_2 + C = 0$ の形とすると、

$$A = 1 + a^2$$

$$B = 2X_1 + 2Y_1 a - 2ab$$

$$C = X_1^2 + Y_1^2 + 2Y_1 b + b^2 - l_1^2$$

となり、これを X_2 について解く。

また、 $Y_2 = aX_2 + b$ から Y_2 求めることができる。

これより、 X_2 と Y_2 が求まった。

同様に X_3 と Y_3 は $(X_1 - X_3)^2 + (Y_1 - Y_3)^2 = l_2^2$ と $Y_3 = cX_3 + d$ より求めることができる。

これで三点が決定したので肩甲骨の二次元モデルを描画できるようになった。

ここまでの計算はすべて excel を用いて行った。その計算結果をもとに gnuplot で導電ゴムの測定点についての動きを二次元の座標系に描写した。その結果をパターン別で表したものが以下の図である。

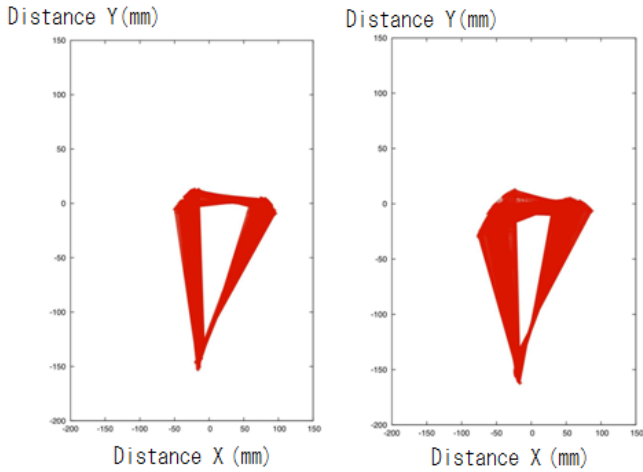


Fig.9 pattern1

Fig.10 pattern2

これらのグラフから、二次元で見ても肩甲骨の動きはただ肩甲骨の中心を軸として回転運動を行っているのではなく、 X_1 から X_3 、 Y_1 から Y_3 どの点も動いており回転中心は違う場所にあるということが言えるだろう。

今までの先行研究ではこのような手法で肩甲骨をとらえようと考えられてはいないため、この方法は肩甲骨の動きを実際に目で見えるようにするものとしては新しい測定方法の一つとして考えることが可能である。

4-3 実験結果の評価

実験結果を被験者の試技の最大値のデータ毎にグラフ化して以下に示す。

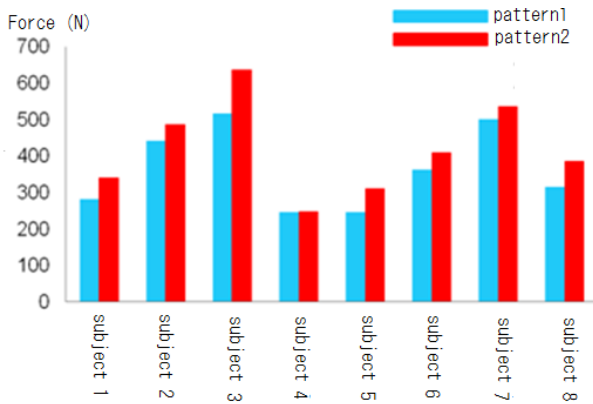


Fig.11 Maximum force for each subject

力の最大値の差に着目した結果、静的な力のピーク値は全員がパターン2のほうが全体的に大きい値を示した。そしてt検定を行ったところ、1%水準の有意差があるという結果が示された(t値=4.634781061)。この結果については、腕の動きの項目の中の数学的展開でも触れたが、パターン2のほうがパターン1よりも多くの部位を関係させるため力を発揮する際にも腕にかかる負荷の最大値が増えていることが考えられる。

次にこの実験を行ったときの肩甲骨の回転角 α を比較した。上のグラフをパターン1、下のグラフをパターン2として時間的変化を同じとすることで肩甲骨三角形にも示した角度 α を比較した。

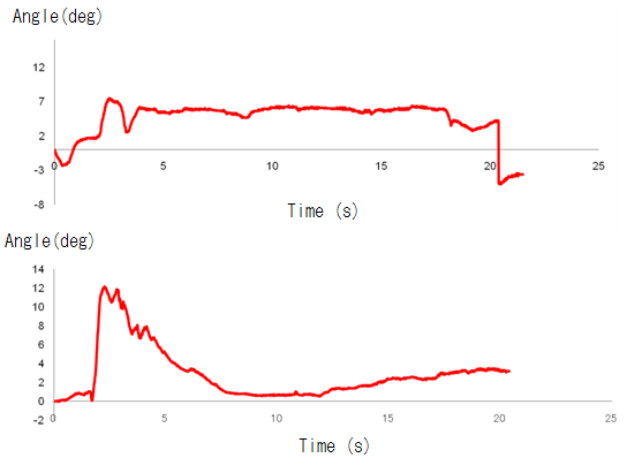


Fig.12 Comparison of scapular rotation angle α

パターン1のグラフからは、腕を屈曲させたことで角度が変化して以降はほとんど肩甲骨の角度変化が現れていないことが示されている。これは肩甲骨が一度外転したのち内転して戻るといった動きが見られないからだと考えられる。一方でパターン2のグラフからは、腕の外転させる動きで角度が最高値になって以降緩やかに変化をしていっていることが見て取れる。これは、急激な外転変化をしたのち力が掛かる時に応じて内転変化を起こしているからだと考えられる。2つのグラフの違いは、角度 α の変化量と急激な角度変化である。

Fig.11, 12より、静的な運動と力の関係には肩甲骨の動きがあるほうがより大きな力を発揮することができるということがいえるだろう。

4-4 力発揮と導電ゴムセンサの関係

実験結果 Fig.4~7より力発揮と導電ゴムセンサの関係をパターン別に比較する。パターン1,2共に肩甲骨の動きを行い腕の形を固定してから動作を開始した。このグラフから、各ポジションの動きがピークを迎えた後に力の最大値を計測していることがいえる。そして、この運動時に参与している部位を下の「時間-電圧」の関係を示したグラフから推測する。

パターン1は、グラフ中のセンサ2の値が急激に上昇した後すぐに降下し始めていること、肩甲骨は一時的に上昇しつつも実際の動作とはほとんど関係性ないからことから、肩甲骨の動作とはほとんど関係性がないということが推測できる。

パターン2は、それぞれのセンサの値に変化が見られ、パターン1と比べ降下の時間がゆったりとしているからである。特にセンサ1や3の値は力の発揮時でも緩やかに下降しており、力を発揮するときに徐々に肩甲骨が動いているということが考えられる。力の発揮と肩甲骨の動きに関係があると推測できる。

4-5 重心の変化

次に肩甲骨の動きの軌跡をみるために計算より肩甲骨の重心を求め、その点を描写することで重心の変化をグラフ化した。以下のグラフがそれらである。

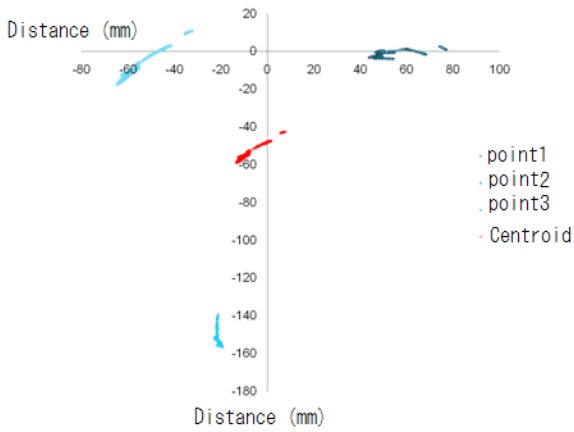


Fig13 Center of gravity changes (pattern1)

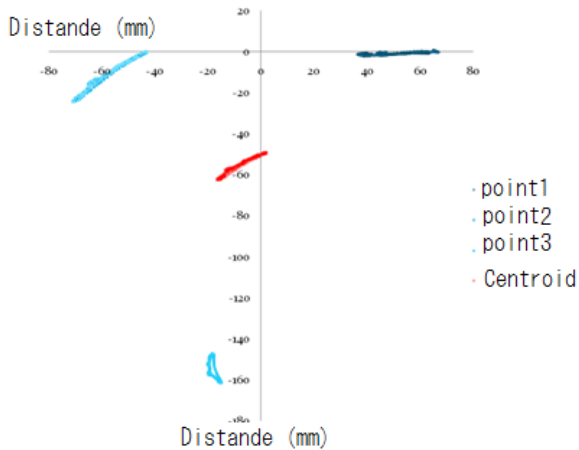


Fig14 Center of gravity changes (pattern2)

それぞれ点 1 は肩甲棘, 点 2 は肩峰角, 点 3 は動きの測定ができる場所である。

この結果から二次的に肩甲骨の動きを判断すると、パターン 1, 2 共にわずかに左回転をしつつ肩甲骨が上昇しているということがいえる。

この 2 つのグラフを比較した場合大きな違いを発見することができなかった。そのため、グラフに時間軸を加えた 3 次元のグラフとして作成した。

以下に X-Y の変化を時間ごとに作成したグラフを示す。

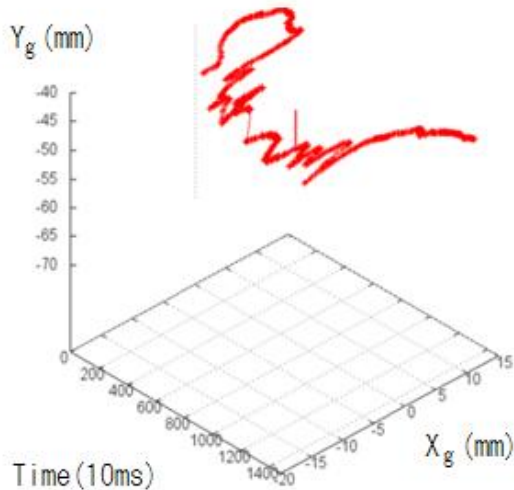


Fig15 Center of gravity changes (pattern1)

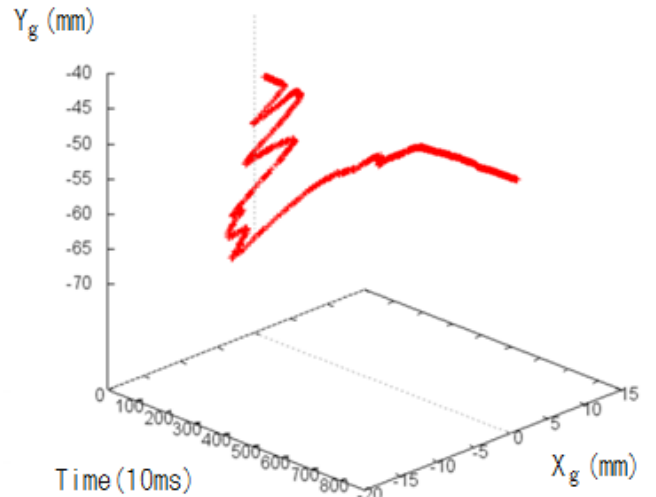


Fig16 Center of gravity changes (pattern2)

二つのグラフを比較したところ、パターン 1 では時間変化と X, Y の値が不規則に変化しており、重心の軌跡が不規則である。パターン 2 では、時間変化と X, Y の値が滑らかに変化しており、重心の軌跡の変位が大きくなっている。

ここから考えられることとしては、パターン 1 が意図的に動きを制御できないがために肩甲骨の軌跡が不規則な形となっていること、一方パターン 2 では意図的に肩甲骨の動きを調節しながら動かしているため、重心の軌跡が滑らかで徐々に位置が変化していることである。

5. まとめ

自作の導電ゴムセンサにより、肩甲骨三角形というモデルを通して肩甲骨の動きの測定をすることが可能になった。実験結果が示すように肩甲骨の動きが関与すると力を発揮するうえで最大値が肩甲骨の動きが関与しない場合に比べ大きくなるということが示された。

以上のことから、本研究の肩甲骨の測定と肩甲骨の関与による力発揮の違いを調べるという目的を達成した。

今後は動的な動作時に測定できる装置として今回作成したセンサを発展させることを目的としていきたい。

参考文献

- (1) 菊入大輔, 他, 肩甲骨運動測定用体表マーカの上腕拳上による肩甲骨特徴点に対する編位の in-vivo 計測電子情報通信学会技術研究報告. MBE, ME とバイオサイバネティクス 103(81), 2003
- (2) 大坪奈美子, 他, 体表マーカを用いた肩甲骨の 6 自由度運動推定. 電子情報通信学会技術研究報告. MBE, ME とバイオサイバネティクス 102(89), 2002
- (3) 大坪奈美子, 他, 動的な運動評価を目的とした肩甲骨の 6 自由度運動推定. 電子情報通信学会総合大会講演論文集 2003年_情報・システム(1), 2003